DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Zwölfter Jahrgang. 18. Januar 1924. Heft 3.

Über erworbene Anomalien des Farbensinnes.

Von L. Heine, Kiel.

Unter Anomalien verstehe ich Abweichungen von der mittleren Linie nach beiden Seiten, also nicht nur Herabsetzungen, sondern auch Steigerungen, was besonders gegen Schluß der Ausführungen sich zeigen wird. Die angeborenen Anomalien stellen sich ja meist als Herabsetzungen des Farbensinnes dar, sie sind in den letzten Jahrzehnten so in den Vordergrund der Erörterung gestellt, daß es vielleicht nicht überflüssig ist, auch einmal die *erworbenen* Anomalien zu besprechen, die meist ganz andere Bilder bieten.

Auch den Begriff „Farbensinn" bitte ich in diesem Zusammenhang etwas weiter zu fassen, etwa als „Sinn für Farben", d. h. also nicht nur als optische Wahrnehmung, sondern auch als seelische Empfindung und Bewertung.

Eine alles umfassende Farbentheorie müßte natürlich auch alle diese erworbenen Anomalien erklären können und nicht nur auf den angeborenen fußen. Oder eine solche Theorie gibt es überhaupt nicht und wir müssen, wenigstens vorläufig, die Probleme im Sinne *Ostwalds* ins Auge fassen. Nur die ungeheure Reichhaltigkeit und Vielfältigkeit dieser Probleme soll im folgenden vom Standpunkt des Klinikers aus beleuchtet werden.

I. Blaublindheit. (Dioptrisch bedingt.)

Schon die *Linse der Neugeborenen* ist nicht kristallklar, den Namen lens crystallea verdient sie daher nur in sehr beschränktem Sinne, sondern leicht *grün* gefärbt. Schon den kindlichen Augen erscheinen also alle rötlichen Farben gedämpft, d. h. es kommen nicht alle eine Rotempfindung erregenden Strahlungen bis zur Netzhaut. Diese Grünfärbung der Linse verändert sich im Laufe des Lebens in dem Sinne, daß das Grün in Gelb, das Gelb in Braun, dieses fast in Schwarz übergehen kann. Wo die Breite des Physiologischen aufhört und wann das eigentlich Pathologische anfängt, ist dabei nicht immer leicht zu sagen. Klinisch sagen wir dann, wenn die von der Farbänderung begleitete Linsenverhärtung auch die Sehschärfe schädigt, doch ist dieser Maßstab nicht exakt, denn der Farbensinn wird eben schon weit eher betroffen, und zwar besonders die blauen Töne, die durch das Gelb und Braun so stark absorbiert werden, daß eine hochgradige Unterempfindlichkeit für Blau im Alter bis zu einem gewissen Grade als physiologisch angesprochen werden kann. Violette Farben erscheinen also als ungesättigtes Rot, Blaugrün entsprechend Grün. Interessant ist es nun, wenn man eine solche braune Linse wegen der Herabsetzung der Sehschärfe operativ entfernt. Nun kommt das Auge, da Hornhaut, Kammerwasser und Glaskörper meist in der Tat farblos sind, den Farben gegenüber in eine so günstige Lage, wie es sich zeitlebens nie befunden hat; der Himmel war noch nie so blau, die Rosen noch nie so rot; besonders überzeugend sind diese Verhältnisse, wenn das andere Auge seine Linse noch besitzt, so daß dem Betreffenden der unmittelbare Vergleich möglich ist.

II. Rotsehen. (Dioptrisch-retinal.)

Solche Staroperierte bieten bisweilen ein Symptom, welches wir klinisch Erythropsie oder Rotsehen nennen, d. h. bei heller Beleuchtung erscheint ihnen die ganze Welt mehr oder weniger rot, womit sich meist unangenehme Blendungsgefühle vergesellschaften. Wir fassen diese Störung auf als Wirkung der zu großen, ungewohnt großen Lichtmengen, besonders der ultravioletten — chemisch wirksamen — Strahlen. Diese werden im linsenhaltigen Auge bekanntlich zum großen Teil durch dieses Organ absorbiert und nur, wenn sie in überwiegender Menge in das Augeninnere gelangen, wie bei künstlicher oder natürlicher Höhensonne, so bewirken sie einen Reizzustand des inneren Auges, Schneeblindheit, Ophthalmia nivalis, Ophthalmia electrica, der von der oben geschilderten Erythropsie nur dem Grade nach verschieden ist, was das klinische Bild anbetrifft. Ob auch die Genese genau dieselbe ist, soll hier nicht erörtert werden.

III. Violettsehen. Gelbsehen. (Intoxikativ.)

Diese Störungen werden beschrieben als Symptome der Santoninvergiftung, in deren erstem Stadium alles violett, in deren zweitem alles gelb erscheint. Es liegt ja nahe, hier an eine primäre Reizung mit sekundärer Lähmung der violettempfindenden Organe zu denken und daraus Schlüsse auf die Theorie der Farbempfindung zu ziehen, vor denen ich aber zunächst doch warnen möchte.

Auch bei schwerer Gelbsucht wird Gelbsehen (Xanthopsie) gelegentlich angegeben.

IV. Hysterische Farbensinnstörungen.

Daß solche partiellen Störungen des Farbensinns, mögen sie nun Reizungs- oder Lähmungserscheinungen sein, auch funktionell, d. h. ohne ersichtliche organische Ursache, vorkommen können, beweisen die sog. hysterischen Farbensinnstörungen, besonders in der Schwangerschaft. Zumal

in den ersten Monaten kommen hier sehr sonderbare wechselnde Schwäche- und Reizzustände vor. Idiosynkrasien (Überempfindlichkeiten) gegen eine oder mehrere Farben. So war einer Dame zu Ehren, die jung vermählt in die neue Familie durch ein Familienfest eingeführt werden sollte, die Tafel besonders schön mit gelben Chrysanthemen geschmückt. Sie mußte die Tafel verlassen, da ihr beim Anblick der gelben Blumen beständig übel wurde.

Aber auch vollständige Farbenblindheit kommt bei der Hysterie vor, so daß die Welt dem oder der Betreffenden wie ein Stahlstich oder eine Photographie erscheint, nur freilich von einem andern Typ als bei der angeborenen totalen Farbenblindheit (mit dem charakteristischen Augenzittern, der Lichtscheu, der eigenartigen Helligkeitsverteilung im Spektrum usw.). Solche funktionellen Störungen können ein- und doppelseitig auftreten.

V. Farbensinnstörungen bei Erkrankungen der Netz- und Aderhaut.

Anschließend an diese Gruppe von mehr oder weniger funktionellen, d. h. durch organische Veränderungen des Sehorgans nicht oder nur teilweise zu erklärenden Störungen des Farbensinns, soll nun auf solche eingegangen werden, die unokular oder binokular durch krankhafte Veränderungen des Augapfels, besonders seiner hinteren Hälfte, d. h. der Aderhaut, der Netzhaut und des Sehnerven bedingt sind. Da müssen wir uns dann zunächst der *physiologischen Tatsache* erinnern, daß nicht alle Farben in gleicher Ausdehnung im Gesichtsfeld wahrgenommen werden: nur in einem zentralen Bezirk sehen wir Rot, Grün, Blau, Gelb oder alle Mischfarben; in einer diesen zentralen Bezirk umgebenden Zone fehlt also die Rot-Grün-Empfindung, hier sehen wir nur Gelb und Blau; und die peripherste Zone ist farbenblind. Man kann das auch so formulieren: die höchste Funktion der perzipierenden Elemente, wobei nicht nur an die Stäbchen und Zapfen der Netzhaut, sondern auch an die zugeordneten Gehirnteile (corticale Retina) zu denken ist, ist der Rot-Grün-Sinn, er ist auf den kleinsten Bezirk beschränkt, dann folgt der Gelb-Blau-Sinn, der einen etwas größeren Raum einnimmt, schließlich folgt als sozusagen gröbste Funktion der Schwarz-Weiß-Sinn: „Sehschärfe und Orientierung durch das Gesichtsfeld". Wenn die perzipierenden Organe also eine Schädigung erfahren durch eine gleichmäßig einwirkende Noxe infektiöser oder intoxikativer Natur, so sollte man erwarten, daß zunächst der Rot-Grün-Sinn litte, sodann der Gelb-Blau-Sinn und dann erst Sehschärfe und Gesichtsfeld (Schwarz-Weiß-Sinn). Diese Art der Farbenstörung wird uns weiter unten beschäftigen, die häufigste ist sie bemerkenswerterweise nicht. Wohl kann sie auch durch intraokulare Prozesse, z. B. Glaucom, bedingt sein, d. h. durch Drucksteigerung und die infolgedessen auftretende Schädigung des Sehnerven und der Netzhaut. Dabei kann also zuerst der Rot-Grün-Sinn leiden, dann der Gelb-Blau-Sinn und schließlich Gesichtsfeld und Sehschärfe. In seltenen Fällen leidet aber zunächst der Gelb-Blau-Sinn und dann erst der Rot-Grün-Sinn, so daß ein klinisches Symptom auftritt, das wir *Inversion der Farben* nennen, indem das Farbfeld für Blau kleiner ist als für Rot, ein Symptom, das viel charakteristischer ist für ein ganz anderes Augenleiden, nämlich für *Netzhautablösung.* Diese meist zu schweren Sehstörungen, eventuell Erblindung führende Krankheit kann sich, noch bevor sie mit dem Augenspiegel zu erkennen ist, als drohend durch solche Gesichtsfeldstörung erweisen. Auch andere Farbensinnstörungen, z. T. vielleicht funktionellen Charakters, können hierbei auftreten: Grünsehen, Rotsehen und Lichtnebel und Flimmererscheinungen. Ganz ähnliche Zustände können auch bei der Netzhautentzündung auftreten. *Die Entzündung der Netzhaut* kann nun eine der inneren Schichten sein, d. h. der, in welcher Nervenfasern und Blutgefäße liegen, oder eine solche der äußeren Schichten, der Stäbchen und Zapfen, wo keine Blutgefäße mehr hinkommen und die von der Aderhaut ernährt werden. So kommt es, daß auch jede Aderhautentzündung durch Beteiligung der äußeren Netzhautschichten dann gleiche oder doch sehr ähnliche Farbensinnstörungen bedingen kann. An der *Form* der Gesichtsfeldstörungen können wir gleichwohl gelegentlich entscheiden, ob der Prozeß von der Netzhaut oder Aderhaut seinen Ausgang genommen hat (z. B. ringförmige Defekte bei letzterer, sektorenförmige und andere bei ersterer).

VI. Farbensinnstörungen bei Erkrankungen des Sehnerven.

Die Noxe kann nun auch primär den Sehnerven angreifen und von hier aus als erstes klinisches Symptom Farbensinnstörungen bedingen. Hier kennen wir eine ganze Reihe von sehr charakteristischen Formen der Defekte (Skotome) im Gesichtsfeld, besonders die *konzentrische Einschränkung* und das *zentrale Skotom* bei freier Peripherie. Diese können sich auch kombinieren. Hierbei zeigt sich nun meist die schon oben erwähnte Tatsache, daß der Rot-Grün-Sinn eher leidet als der Gelb-Blau-Sinn, und daß bei chronischen Leiden, wie es z. B. die Opticusatrophie bei *Tabes dorsalis* darstellt, ein Stadium von isolierter Rot-Grün-Blindheit festgehalten werden kann, ganz ähnlich den angeborenen Farbensinnstörungen. Da das Leiden oft über Jahre hingeht und der Patient stets doppelseitig erblindet, wenn er nicht vorher stirbt, so kann nach dem Stadium der Rot-Grün-Blindheit durch Verfall des Gelb-Blau-Sinnes eine totale Farbenblindheit resultieren, wobei freilich dann meist auch der Schwarz-Weiß-Sinn bald leidet.

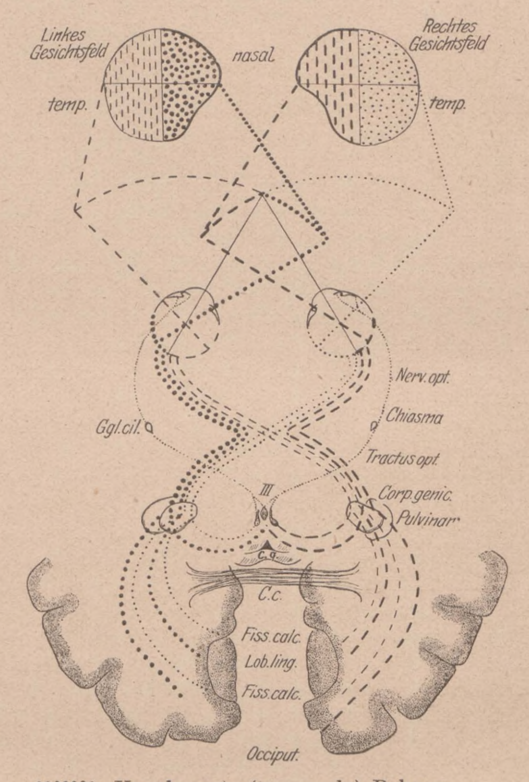
Klinisch können wir uns also den Prozeß so vorstellen, daß die toxische Noxe diffus den Sehnervenquerschnitt annähernd gleichmäßig befällt, daß dadurch zuerst seine höchste Funktion —

der Rot-Grün-Sinn —, dann die zweite — der Gelb-Blau-Sinn — endlich auch die gröbste (die farblose) Empfindung vernichtet wird.

Ganz anders wirkt eine Noxe, von der man aus leicht ersichtlichen Gründen von vornherein auch eine gleichmäßig diffuse Einwirkung auf die Sehnerven erwarten sollte, das ist *Nikotin* und *Alkohol*. Der chronische Mißbrauch eines dieser größten Volksgifte oder beider zusammen schädigt nämlich ausschließlich die in der mittleren Achse der Sehnerven gelegenen Bahnen: das sog. papillomakuläre Bündel, d. h. die Fasern, die das zentrale Sehen vermitteln. So entsteht ein Zentralskotom, d. h. ein Defekt im Gesichtsfeld, gerade an der Stelle, wo wir das beste Sehvermögen haben, und zwar leidet innerhalb dieses eng umschriebenen Bezirkes zunächst der Rot-Grün-Sinn, während der Farbensinn in der Peripherie des Gesichtsfeldes keine Störungen erkennen läßt. Durch diese elektive Wirkung der chemischen Noxe erklären sich die Angaben der Patienten, daß ihnen z. B. eine rote Rose fahl, grau oder allenfalls gelblich erscheine, wenn sie sie fixieren, daß sie aber ihre schöne Farbe zeige, wenn sie daran vorbeisehen. Ein anderer Patient gab an, daß er die rote Farbe des Zündholzkopfes nicht erkennen könne, wenn er sie ansehe, daß er sie aber sähe, wenn er daran vorbeiblicke. Eine Inversion der Farben im obigen Sinne kommt aber bei Sehnervenleiden so gut wie nicht vor.

VII. Farbensinnstörungen bei Erkrankungen der Sehnervenkreuzung (Chiasma).

Wenn wir die Ursachen der erworbenen Störungen des Farbensinnes weiter hirnwärts verfolgen wollen, so müssen wir uns *einiger anatomischer Daten erinnern:* Wenn wir jede Netzhaut durch eine „vertikale Trennungslinie“ in eine rechte und linke — oder anders ausgedrückt, in eine temporale und nasale Hälfte teilen, so gehen von jeder rechten Netzhauthälfte die Sehfasern bekanntlich in das rechte, von jeder linken Hälfte in das linke Hirn. Oder man kann sich auch so ausdrücken: die temporalen Netzhauthälften senden ihre Fasern in die gleichseitige Hirnhälfte, die nasalen aber in die gegenüberliegende (s. Fig.). So kommt die bekannte *Halbkreuzung der Sehfasern* beim Menschen zustande, die wohl mit dem binokularen oder stereoskopischen Sehen zusammenhängt und sich schon bei den Vögeln z. T. nicht mehr findet, wo Totalkreuzung stattfindet. Da nun im Gesichtsfeld die temporale Hälfte der nasalen Netzhauthälfte entspricht und umgekehrt, so ergeben sich aus Läsionen der optischen Leitungsbahnen folgende Regeln: Wird die Kreuzungsstelle der Sehfasern (Chiasma opt.) gerade in der Mitte getroffen, indem es z. B. sagittal durchgerissen wird, bei Schädelbasisbruch u. a., so werden beide nasalen Retinalhälften leitungsunfähig, es ergibt sich Blindheit der temporalen Gesichtsfeldhälften beider Augen, eine sog. bitemporale Hemianopsie (Halbblindheit): Das linke Auge sieht also nur in der rechten Hälfte seines Gesichtsfeldes, das rechte nur in der linken, das binokulare Gesichtsfeld ist aber rund, hat den Fixierpunkt in der Mitte und nur rechts und links den temporalen Halbmonddefekt, bedingt durch das Fehlen des nur unokular (bzw. einseitig im Hirn) vertretenen Teils der nasalen Retina, dem die temporalen 30° des Gesichtsfeldes entsprechen (s. Fig.).



Optische Leitungsbahnen.

VIII. Sehstrang (Tractus opt.).

Trifft eine Läsion die Sehbahn hinter dem Chiasma, also den sog. Tractus opticus oder Sehstrang, so ergibt sich ein ganz anderes Gesichtsfeld. Ist z. B. der rechte Tractus völlig zerstört, so wird die rechte Hälfte der rechten Retina und die rechte Hälfte der linken leitungsunfähig: in jedem Gesichtsfeld fällt die linke Hälfte aus, im binokularen Gesichtsfeld also die ganze linke Hälfte: *homonyme* (gleichnamige), nämlich linksseitige *Hemianopsie* (Halbblindheit). Demgegenüber heißt die oben beschriebene bitemporale Hemianopsie auch heteronym, da in beiden Gesichtsfeldern ungleichnamige Hälften ausfallen.

Diese Hemianopsien brauchen nun durchaus nicht immer totale zu sein, es kann z. B. nur die

untere Hälfte des rechten Tractus opt. zerstört sein; dann würde nur das obere Viertel, d. h. ein Quadrant oder bei noch weniger umfangreicher Läsion etwa ein Sektor ausfallen. Aber nicht nur die *Ex*tensität der Schädigung, sondern auch die *In*tensität können wir am Gesichtsfeld ablesen, indem sie nicht nur nicht total (im Gegensatz zu partiell), sondern auch nicht absolut (sondern nur relativ) zu sein braucht, d. h. die betreffenden Bezirke des Gesichtsfeldes brauchen nicht ganz blind zu sein, sondern nur mehr oder weniger schwachsichtig; es kann z. B. der Schwarz-Weiß-Sinn, d. h. die Sehschärfe und allgemeine Orientierung intakt sein, aber der Farbensinn ganz fehlen. Oder aber auch der Farbensinn ist nur geschädigt, nicht aufgehoben. Im ersten Fall würden wir von einer relativen, im letzteren von einer absoluten Farbenhemianopsie sprechen. Ferner kann die (totale oder partielle) Farbenhemianopsie für Rot und Grün absolut, für Gelb und Blau aber relativ sein, d. h. Rot und Grün wird in der einen Hälfte des Gesichtsfeldes gar nicht, Gelb und Blau in derselben Hälfte undeutlicher gesehen als in der anderen.

Die verschiedensten Störungen des Farbensinns können also bedingt sein durch Schädigung der optischen Leitungsbahnen. Wenn einige solcher Noxen kurz genannt sein sollen, so sind es Schädelbrüche, Hirnsyphilis, Hirntuberkulose, Hirnerweichung, Schlaganfälle u. dgl., Geschwulst des Hirnanhangs, Hydrops der Hirnkammern, Keilbeinerkrankungen u. a.

Die Tatsache, daß im rechten Gesichtsfeld die Farben rechts von der Mittellinie undeutlicher gesehen werden als links und daß im linken Gesichtsfeld das Umgekehrte der Fall ist, genügt evtl. bei einwandfreien Angaben des Patienten zur Diagnose einer relativen bitemporalen Farbenhemianopsie, wahrscheinlich durch Lues cerebri. So erklärten sich in einem Falle beständige heftige Kopfschmerzen und verschwanden auf entsprechende Behandlung. Diese Dinge sind gar nicht so selten, wie es scheinen könnte.

IX. Sehstrahlung und Sehzentrum im Hinterhauptshirn.

Man könnte nun annehmen, daß es dieselben klinischen Erscheinungen bedingen müßte, ob die Unterbrechung der optischen Leitungsbahn unmittelbar hinter dem Chiasma oder in der Hirnrinde selbst erfolgt ist. Dem ist aber nicht so. Aus den verschiedenen Formen der Hemianopsie sowohl, wie auch aus mehreren Begleitsymptomen können wir Schlüsse ziehen, wo etwa der Herd zu suchen ist, speziell ob die Bahnen zwischen Chiasma und subkortikalen Ganglien oder zwischen diesen und der Hirnrinde oder in der letzteren selbst oder endlich außerhalb dieser in den Hirnhäuten zu suchen ist. Was uns heute hier von alledem interessiert, ist nur die Tatsache, daß von allen diesen letztgenannten Stellen nun auch isolierte Schädigungen des Farbensinns auszulösen sind. So wurde uns vor einiger Zeit eine Patientin von ihrem Arzt blind in die Klinik gebracht mit der Angabe, daß sie bewußtlos neben ihrem rauchenden Grudeherd aufgefunden sei. Es war CO-Vergiftung angenommen. Nach drei Tagen kehrte das Bewußtsein langsam zurück, aber die Blindheit begann sich erst nach drei Wochen langsam in der Form der Hemianopsie zurückzubilden, wobei lange Zeit völlige Farbenblindheit bestand. Die weitere Untersuchung ergab eine Lues cerebri. Jetzt hat Pat. wieder fast normale Sehschärfe, nur noch eine einseitige partielle Hemianopsie, auf der andern Seite sind auch die Farben z. T. schon wieder da.

In einem andern Fall von doppelseitiger relativer Hemianopsie bei einem 69 Jahre alten Manne, wobei das Gesichtsfeld aber für Weiß frei, Sehschärfe und Orientierung normal war, fehlten doch alle Farben: totale, erworbene Achromatopsie. Auch hier lag Lues der Blutgefäße des Gehirns im Hinterhauptlappen vor.

Auch bei der durch *Nierenentzündung* (mit und ohne Schwangerschaft) bedingten Erblindung (der sogen. urämischen und eklamptischen Amaurose) kann man gelegentlich beobachten, wie sich die völlige Blindheit in eine doppelseitige Hemianopsie verwandelt, die auf der einen Seite zunächst vielleicht noch total und absolut, auf der andern aber noch total, aber nur relativ oder partiell ist, oder nur die Farben, oder nur bestimmte Farben, besonders Rot und Grün, betrifft. Denselben Rückbildungvorgang kann dann auch die andere Seite zeigen.

Auch bei der *Augenmigräne* treten gelegentlich solche Farbenhemianopsien einseitig auf.

An diese klinischen Beobachtungen kann man natürlich eine ganze Reihe von theoretischen Überlegungen anschließen, von denen ich aber nur einige streifen will. So ist es ein alter Streit, ob wir im *Sehnerven verschiedene Fasersorten* zu unterscheiden haben für die verschiedenen farbigen und farblosen Empfindungen oder ob diese Empfindungen nur verschiedene Funktionen derselben Faser sind. Schon betreffs dieser Frage gibt die Klinik keine einwandfreie Antwort, wenn mir auch wahrscheinlich ist, daß die letztere Auffassung mehr für sich hat; ist doch auch rein klinisch noch nicht mit Sicherheit entschieden, ob die visuellen Fasern von den pupillomotorischen anatomisch verschieden sind.

Auch betreffs der *Struktur* des *Farbensinnzentrums* im Hinterhauptshirn sind bindende Schlüsse aus den klinischen Beobachtungen vielleicht noch verfrüht, wenn auch die von *Wilbrand* zuerst aufgestellte *Schichtungstheorie* manches für sich hat. Danach liegen die eine Schwarz-Weiß-, eine Gelb-Blau-, endlich eine Rot-Grün-Empfindung vermittelnden Ganglienzellen in drei Schichten übereinander angeordnet, so daß durch verschiedene Intensität einer von der Hirnoberfläche her einwirkenden Noxe, z. B. einer Hirn-

hautentzündung, zunächst isoliert der Rot-Grün-Sinn, dann der Gelb-Blau-Sinn leiden könnte, ohne daß Sehschärfe und Orientierung gestört sein müßte. Wie gesagt, so verlockend diese Vorstellung an sich sein mag, anatomisch bewiesen ist sie noch nicht und wird noch ausführliche anatomische und pathologische Arbeiten erfordern.

X. Transkortikale Farbensinnstörungen.

Auch die sog. transkortikalen Störungen, d. h. Störungen, die bedingt sind durch Läsionen der Verbindungsbahnen zwischen den verschiedenen Rindenzentren, z. B. dem optischen Wahrnehmungszentrum und dem Sprachzentrum, können den Farbensinn betreffen oder bei motorischer Aphasie (Sprachlähmung) solches leicht vortäuschen. Es ist meist schwierig, diese Dinge im Einzelfalle exakt voneinander zu unterscheiden, da die Verständigung mit den oft gehemmten oder im Bewußtsein nicht völlig klaren Patienten sehr erschwert sein kann.

XI. Psychisches, Ästhetisches.

Die funktionellen — hysterischen und neurasthenischen — Störungen wurden oben schon kurz erwähnt, sie hätten auch hier an den Schluß gestellt werden können, da sie doch vermutlich im Gehirnprozeß ihre physischen Grundlagen haben, wenn sie auch ihrer Erscheinungsform nach einen rein psychischen Eindruck machen können.

Ein kurzes Wort sei gestattet über die *moderne Malerei* — ich möchte sie teilweise in gewissem Sinne auch unter die erworbenen Anomalien des Farbensinns einreihen. Man kann doch m. E. sagen, daß hier ein anderes Farbensehen oder ein abnormes Bewerten der Farben, besonders mancher Farben stattfindet. Ich glaube nicht, daß die meisten modernen Maler mehr oder weniger farbenblind oder farbenschwach sind, wie es hier und da zum Ausdruck gebracht ist. Die Sinnesorgane und die optischen Leitungsbahnen werden bei ihnen nicht wesentlich anders funktionieren als bei dem Durchschnitt der normalen Menschen, von denen allerdings 10 bis vielleicht 20% betreffs des Farbensinns nicht als vollwertig anzusehen sind. Das Anderssehen der Farben oder Andersbewerten ist als psychisch bedingt zu verstehen. Die Farbeneindrücke wirken sich auf die Künstlerpsyche des 20. Jahrhunderts anders aus als in früheren Zeiten, wobei man dann für die Neuzeit entweder eine gesteigerte oder richtiger vielleicht eine herabgesetzte Reizbarkeit annehmen kann, eine Abgestumpftheit, die stärkere Reize verlangt.

Wie die Farbeneindrücke auf die *Psyche*, auf seelisches Empfinden und Behagen, auf Stimmung, auf künstlerische — aber auch auf intellektuelle Leistungsfähigkeit einzuwirken imstande sind, das mag mit einigen Worten gestreift werden. Goethe verlangte als Farbe der Tapete (Wandanstriche) für seine täglichen Wohnräume bekanntlich ein sattes, ruhiges Grün, als solche für Fest- und Empfangsräume ein kräftiges Gelb, sein Studierzimmer war in mittlerem Blau gehalten. Rot, besonders leuchtendes, hatte auf ihn eine stark erregende oder anregende, er selbst sagt „aufregende“ Wirkung und er zitiert „von einem geistreichen Franzosen die Bemerkung: der Ton der Unterhaltung zwischen ihm und der Marquise war ein anderer geworden, seitdem sie ihre Möbel karmoisinrot hatte beziehen lassen“.

In dem berühmten Kapitel über die sinnlich-sittliche Wirkung der Farben sagt Goethe:

„*Gelb* ist die nächste Farbe am Weiß. Sie führt in ihrer höchsten Reinheit immer die Natur des Hellen mit sich und besitzt eine heitere, muntere, sanft reizende Eigenschaft.

Gelbrot: wie das reine Gelb sehr leicht in das Rotgelbe hinübergeht, so ist die Steigerung dieses letzten ins *Gelbrote* nicht aufzuhalten. Das angenehme, heitere Gefühl, das uns das Rotgelbe noch gewährt, steigert sich bis zum unerträglich Gewaltsamen im hohen *Gelbroten*.

Die aktive Seite ist hier in ihrer höchsten Energie, und es ist kein Wunder, daß energische, gesunde, rohe Menschen sich besonders an dieser Farbe erfreuen. Man hat die Neigung zu derselben bei wilden Völkern durchaus bemerkt. Und wenn Kinder, sich selbst überlassen, zu illuminieren anfangen, so werden sie Zinnober und Mennig nicht schonen.

Man darf eine vollkommen gelbrote Fläche starr ansehen, so scheint sich die Farbe wirklich ins Organ zu bohren. Sie bringt eine unglaubliche Erschütterung hervor und behält diese Wirkung bei einem ziemlichen Grade von Dunkelheit. Die Erscheinung eines gelbroten Tuches beunruhigt und erzürnt die Tiere. Auch habe ich gebildete Menschen gekannt, denen es unerträglich fiel, wenn ihnen an einem sonst grauen Tage jemand im Scharlachrock begegnete.

Blau: So wie gelb immer ein Licht mit sich führt, so kann man sagen, daß Blau immer etwas Dunkles mit sich führe. Diese Farbe macht für das Auge eine sonderbare und fast unaussprechliche Wirkung. Sie ist als Farbe eine Energie; allein sie steht auf der negativen Seite und ist in ihrer höchsten Reinheit gleichsam ein reizendes Nichts. Es ist etwas Widersprechendes von Reiz und Ruhe im Anblick.

Das Blaue gibt uns ein Gefühl der Kälte, so wie es uns auch an Schatten erinnert. Wie es vom Schwarzen abgeleitet sei, ist uns bekannt.

Zimmer, die rein blau austapeziert sind, erscheinen gewissermaßen weit, aber eigentlich leer und kalt.

Blaues Glas zeigt die Gegenstände im traurigen Licht.

Violett: Indem die hohe Geistlichkeit diese unruhige Farbe sich angeeignet hat, so dürfte man wohl sagen, daß sie auf den unruhigen Staffeln einer immer vordringenden Steigerung

unaufhaltsam zu dem Cardinalpurpur hinaufstrebe.

Rot: Man entferne bei dieser Benennung alles, was im Roten einen Eindruck von Gelb oder Blau machen könnte. Man denke sich ein ganz reines Rot, einen vollkommenen, auf einer weißen Porzellanschale aufgetrockneten Carmin. Wir haben diese Farbe, ihrer hohen Würde wegen, manchmal Purpur genannt, ob wir gleich wissen, daß der Purpur der Alten sich mehr nach der blauen Seite hinzog.

Wer die prismatische Entstehung des Purpurs kennt, der wird nicht paradox finden, wenn wir behaupten, daß diese Farbe teils actu, teils potentia alle andern Farben enthalte. Wenn wir beim Gelben und Blauen eine strebende Steigerung ins Rote sehen und dabei unsere Gefühle bemerkt haben, so läßt sich denken, daß nun in der Vereinigung der gesteigerten Pole eine eigentliche Beruhigung, die wir eine ideale Befriedigung nennen möchten, stattfinden könne. Und so entsteht, bei physischen Phänomenen, diese höchste aller Farbenerscheinungen aus dem Zusammentreten zweyer entgegengesetzten Enden, die sich zu einer Vereinigung nach und nach selbst vorbereitet haben.

Als Pigment hingegen erscheint sie uns als ein Fertiges und als das vollkommenste Rot in der Cochenille; welches Material jedoch durch chemische Behandlung bald ins Plus, bald ins Minus zu führen ist, und allenfalls im besten Carmin als völlig im Gleichgewicht stehend angesehen werden könne.

Die Wirkung dieser Farbe ist so einzig, wie ihre Natur. Sie gibt einen Eindruck sowohl von Ernst und Würde, als von Huld und Anmuth. Jenes leistet sie in ihrem dunkeln verdichteten, dieses in ihrem hellen verdünnten Zustande. Und so kann sich die Würde des Alters und die Liebenswürdigkeit der Jugend in Eine Farbe kleiden.

Das Purpurglas zeigt eine wohlerleuchtete Landschaft in furchtbarem Lichte. So müßte der Farbeton über Erde und Himmel am Tage des Gerichts ausgebreitet seyn.

Grün: Wenn man Gelb und Blau, welche wir als die ersten und einfachsten Farben ansehen, gleich bei ihrem ersten Erscheinen, auf der ersten Stufe ihrer Wirkung zusammenbringt, so entsteht diejenige Farbe, welche wir Grün nennen. Unser Auge findet in derselben eine reale Befriedigung. Wenn beide Mutterfarben sich in der Mischung genau das Gleichgewicht halten, dergestalt, daß keine vor der andern bemerklich ist, so ruht das Auge und das Gemüth auf diesem Gemischten wie auf einem Einfachen. Man will nicht weiter und man kann nicht weiter. Deswegen für Zimmer, in denen man sich immer befindet, die grüne Farbe zur Tapete meist gewählt wird."

XII. Allegorisches, Symbolisches, Mystisches.

Nach längeren Ausführungen über die *ästhetische* Wirkung von harmonischen und unharmonischen Farbenzusammenstellungen kommt Goethe zur *allegorischen* und *symbolischen Bedeutung* der Farben, des Farbendreiecks und -sechsecks, gelangt bis zur *Mystik,* und in wie weite Fernen der Blick des Dichters zu schweifen vermag, das mögen folgende Sätze zeigen, deren Formung ein Naturforscher schwerlich gewagt hätte, die aus diesem Munde aber erkennen lassen, welchen außerordentlichen Einflüssen seine Psyche von Seiten der Farbempfindungen ausgesetzt war: wie tief ihn die Farbenprobleme innerlich ergriffen hatten.

Er sagt: „Daß zuletzt auch die Farbe eine *mystische Deutung* erlaube, läßt sich wohl ahnen. Denn da jenes Schema, worin sich die Farbenmannigfaltigkeit darstellen läßt, solche Urverhältnisse andeutet, die sowohl der menschlichen Anschauung als der Natur angehören, so ist wohl kein Zweifel, daß man sich ihrer Bezüge, gleichsam als einer Sprache, auch da bedienen könne, wenn man Urverhältnisse ausdrücken will, die nicht eben so mächtig und mannigfaltig in die Sinne fallen. Der Mathematiker schätzt den Werth und Gebrauch des Triangels; der Triangel steht bei dem Mystiker in großer Verehrung; gar manches läßt sich im Triangel schematisieren, und die Farbenerscheinung gleichfalls, und zwar dergestalt, daß man durch Verdoppelung und Verschränkung zu dem alten, geheimnisvollen Sechseck gelangt.

Wenn man erst das Auseinandergehen des Gelben und Blauen wird recht gefaßt, besonders aber die Steigerung ins Rote genugsam betrachtet haben, wodurch das Entgegengesetzte sich gegeneinander neigt, und sich in einem Dritten vereinigt; dann wird gewiß eine besondere geheimnisvolle Anschauung eintreten, daß man diesen beiden getrennten, einander entgegengesetzten Wesen eine geistige Bedeutung unterlegen könne, und man wird sich kaum enthalten, wenn man sie unterwärts das Grün, und oberwärts das Rot hervorbringen sieht, dort an die irdischen, hier an die himmlischen Ausgeburten der Elohim zu gedenken.

Doch wir tun besser, uns nicht noch zum Schluß dem Verdacht der Schwärmerei auszusetzen, um so mehr als es, wenn unsere Farbenlehre Gunst gewinnet, an allegorischen, symbolischen und mystischen Anwendungen und Deutungen, dem Geiste der Zeit gemäß, gewiß nicht fehlen wird."

Elektrische Ventile und Gleichrichter.

Von A. Günther-Schulze, Berlin.

Ein elektrisches Ventil ist ein den elektrischen Strom leitendes Gebilde von solcher physikalischen Beschaffenheit, daß seine Stromspannungskurve, die sogenannte Charakteristik, von der Stromrichtung abhängig ist. Die Erscheinung wird auch Unipolarität genannt. Ein elektrisches Ventil hat demnach die Eigenschaft, bei gegebener Spannung in der einen Richtung einen andern Strom fließen zu lassen als in der andern. Apparate, die dieses durch bewegte Teile, wie Schalter, schwingende Kontaktfedern oder rotierende Kollektoren erreichen, gehören nach der Definition nicht zu den elektrischen Ventilen.

Da der elektrische Strom ein Elektrizitätstransport durch Elektronen oder Ionen ist, läßt sich das echte Ventil auch als Vorrichtung definieren, die den Elektronen oder Ionen in der einen Richtung ein anderes Hindernis bietet als in der anderen. Das ist in einem homogenen Körper nicht denkbar. Also ist das Charakteristikum eines echten Ventiles die Grenze zwischen zwei verschiedenen Körpern, in denen sich die Elektronen oder Ionen in verschiedener Weise bewegen. Es sind soviel Gruppen von Ventilen denkbar, wie es Arten von Grenzen gibt. Daraus ergibt sich ohne weiteres die Einteilung der echten Ventile nach den Grenzen, auf denen sie beruhen. Diese Grenzen sind:

1. Metall — Metall,
2. Gas — Gas,
3. Elektrolyt — Elektrolyt,
4. Metall — Gas (oder „Vakuum"),
5. Metall — Elektrolyt,
6. Gas — Elektrolyt.

   Hierzu kommt noch

7. Ventile, deren Wirkungsweise noch nicht sicher erklärt ist.

Die größte Anwendung haben die elektrischen Ventile bisher wohl als elektrische Gleichrichter gefunden.

Bei der Verwandlung von Wechselstrom in Gleichstrom wird man in der jetzigen Zeit der unerträglich hohen Löhne, der dauernden Streikdrohungen, der erschreckend verringerten Arbeitsleistung denjenigen Einrichtungen den Vorzug geben, die keine dauernde Beaufsichtigung und Wartung verlangen. Man würde also zurzeit die sogenannten elektrischen Gleichrichter den rotierenden Umformern selbst dann vorziehen, wenn sie ihnen nicht an Wirkungsgrad so beträchtlich überlegen wären, wie sie es in der Tat sind. Da nun dieser letztere Grund zu ihren übrigen Vorzügen noch hinzukommt, dürfte die Verwendung der Gleichrichter in den nächsten Jahren außerordentlich steigen.

Andere Anwendungsgebiete der Ventile sind: die Erzeugung hochfrequenter Schwingungen, ein Gebiet, auf dem vielleicht noch große Fortschritte zu erzielen sind, die Verwendung als Schaltelemente zum Absperren unerwünschter Stromrichtungen, die Herstellung beliebiger Kurvenformen, die Messung sehr kleiner Wechselströme durch Verwandlung in Gleichstrom u. a.

Es dürfte kaum ein zweites Gebiet der Elektrotechnik geben, auf dem ein Ziel auf eine so mannigfaltige und physikalisch interessante Weise erreicht werden kann, wie auf dem Gebiete der elektrischen Ventile. Soll beispielsweise eine Wechselenergie von 3 Amp. bei 110 Volt in eine Gleichstromenergie verwandelt werden, so kann das geschehen:

1. durch einen Kontaktgleichrichter,
2. durch einen Elektrolytgleichrichter,
3. durch einen Quecksilberdampfgleichrichter,
4. durch einen Alkaligleichrichter,
5. durch einen Glühkathodengleichrichter.

Bei jedem Verfahren beruht die Gleichrichtung auf anderen physikalischen Eigentümlichkeiten der als Ventile wirkenden Gebilde.

1. Die Grenze Metall — Metall.

Ventile durch Thermokräfte.

Unmittelbar läßt sich die Grenze Metall — Metall, deren Charakteristik zweifellos von der Stromrichtung abhängt, nicht zur Herstellung eines Ventiles verwenden, weil es unmöglich ist, einen Stromkreis aus Metallen herzustellen, in dem sich nicht die verschiedenen Grenzkräfte aufheben. Dagegen gelangt man zu einer Verwandlung von Wechselstrom in Gleichstrom auf dem Umwege über die Wärme. Bringt man zwei Berührungsstellen eines Metalles mit einem zweiten Metall auf verschiedene Temperaturen, so entsteht eine Thermospannung zwischen den Berührungsstellen; läßt man die verschiedenen Temperaturen durch den gleichzurichtenden Wechselstrom erzeugen, indem man der einen Berührungsstelle einen großen Querschnitt gibt, so daß sie kalt bleibt, der anderen einen sehr geringen, so daß sie sich erhitzt, so erzeugt der Wechselstrom einen Thermogleichstrom. Doch darf hier von einer eigentlichen Gleichrichtung des Wechselstromes und von einem Ventile nicht gesprochen werden, denn es besteht weder irgendeine Beziehung zwischen der Kurvenform des Gleichstromes und des Wechselstromes, noch ein Unterschied zwischen Fluß- und Sperrichtung. Der Wechselstrom bleibt symmetrisch und lagert sich über den Thermostrom. Erst durch Verwendung von Kapazitäten und Induktivitäten oder durch Kombination mehrerer Ventile lassen sich die beiden Ströme trennen.

Die Erscheinung ist zur Messung geringer Wechselströme mit Hilfe ihrer Verwandlung in Gleichstrom von verschiedenen Autoren verwandt worden. Die „Thermogalvanometer" sind empfindliche und bequem zu handhabende Apparate.

Die Grenzen Gas — Gas und Elektrolyt —

Elektrolyt sind bisher zur Konstruktion von Ventilen nicht verwandt worden.

2. Die Grenze Metall — Gas.

Auf der Wirkung der Grenze Metall — Gas beruhen die wichtigsten Ventile und Gleichrichter, und zwar sind entsprechend der Mannigfaltigkeit der Vorgänge an dieser Grenze eine ganze Anzahl verschiedener Ventilwirkungen möglich, von denen ein gut Teil praktisch verwandt wird.

Sowohl in Metallen als auch in Gasen ist die elektrische Strömung praktisch eine Elektronenströmung. Die positiven Ionen liegen in den Metallen vollständig fest, in den Gasen sind sie zwar beweglich, aber infolge der außerordentlich viel größeren Masse ist ihre Geschwindigkeit so viel geringer als die der Elektronen, daß sie keinen merklichen Beitrag zur elektrischen Strömung zu liefern vermögen.

Die Grenze Metall — Gas ist ein außerordentlich wirksames Elektronenventil, weil die Elektronen in einem auf gewöhnlicher Temperatur befindlichen Metalle ohne besondere Hilfsmittel nicht imstande sind, aus dem Metall in das Gas überzutreten, während sich die im Gase befindlichen Elektronen ohne weiteres in das Metall begeben können. Um ein solches Elektronenventil nutzbar zu machen, muß es in einen geschlossenen Stromkreis gebracht werden, d. h. die Elektronen, die sich aus dem Gase zum Metall begeben sollen, müssen an einer anderen Stelle irgendwie in das Gas befördert werden. Es entsteht also die Aufgabe, der eigentlichen Ventilelektrode eine zweite Elektrode im Gas gegenüberzustellen und an dieser zweiten Elektrode die Einrichtungen zu treffen, die den Elektronen den Austritt aus dem Metall in das Gas unter geringem Spannungsverlust ermöglichen. Je nach der Art und Weise, auf welche dieses geschieht, unterscheidet man lichtelektrische, glühelektrische, Glimm-, Lichtbogen- und Funkenventile.

a) Die *lichtelektrischen Ventile.* Den lichtelektrischen Effekt, das ist die freiwillige Ausstrahlung von Elektronen unter der Einwirkung von Lichtstrahlen, zeigen die Metalle um so stärker, je elektropositiver sie sind. Die Elektronen, die bei den stark elektropositiven Metallen nur lose mit den Atomen verbunden sind, geraten durch den Einfluß des Lichtes in Resonanzschwingungen, die so stark werden, daß die Elektronen aus ihrem Atom und, wenn dieses an der Oberfläche liegt, aus dem Metall herausfliegen.

Nach diesem Prinzip haben *Elster* und *Geitel* besonders empfindliche photoelektrische Zellen hergestellt. Die innere Glaswand eines mit stark verdünntem Wasserstoff gefüllten Gefäßes wird mit einer Kaliumschicht überzogen und dann ein Glimmstrom hergestellt, so daß die Kaliumschicht mit einem farbigen, hochempfindlichen Überzug bedeckt ist. Nach der Herstellung des Überzuges wird der Wasserstoff aus dem Gefäß entfernt und statt dessen sehr verdünntes Helium oder Argon eingeleitet, da der Überzug in der Wasserstoffatmosphäre seine Empfindlichkeit mit der Zeit verliert. Bei diesen Zellen ist nicht nur keine äußere Spannung erforderlich, um die Elektronen dem Metall zu entziehen, sondern die Elektronen erzeugen bei ihrem Austritt sogar selbst eine Spannung bis zu 4 Volt.

Stellt man also einer solchen lichtempfindlichen Kaliumelektrode als zweite Elektrode ein Drahtnetz gegenüber, so hat man ein recht vollkommenes Ventil, das als einzige Hilfskraft Licht braucht. Leider ist es nur für sehr geringe Ströme verwendbar, denn der Strom in der Flußrichtung kann unter keinen Umständen stärker werden, als der Menge der lichtelektrisch ausgestrahlten Elektronen entspricht. Deshalb ist auch dieses Ventil für die Starkstromtechnik nicht verwendbar.

b) *Die glühelektrischen Ventile, Wehneltrohr, Vakuumventil.* Eine wesentlich stärkere Strombelastung vertragen die glühelektrischen Ventile. Das wichtigste von ihnen ist das nach seinem Erfinder genannte Wehneltventilrohr. Dieses ist durch die Akkumulatorenfabrik A.-G. zu einem sehr leistungsfähigen Gleichrichter ausgebaut worden, der besonders von der Reichspost in steigendem Maße im Betriebe verwandt wird. Die Glühkathode besteht bei diesen Gleichrichtern aus einem schraubenförmig aufgewundenen Iridiumdraht, der mit einem Erdalkalioxyd geheimgehaltener Zusammensetzung bedeckt ist, das die sehr wertvolle Eigenschaft hat, bei der erforderlichen Glühtemperatur nur äußerst langsam zu verdampfen. Die Kathode wird durch einen besonderen Heizstrom, der von dem Transformator der Gleichrichteranordnung abgezweigt ist, auf Gelbglut erhitzt und gibt dann schon bei geringem Spannungsgefälle große Mengen von Elektronen ab. Die Anoden bestehen aus Eisen. Die Füllung ist für die zum Anschluß an 110 oder 220 Volt Wechselspannung eingerichtete Niederspannungstype Argon von 1 bis einigen Millimetern Druck, für die Hochspannungstype Neon von noch geringerem Druck.

Der Vorzug der Wehneltgleichrichter besteht darin, daß sie schon bei den geringsten Strömen wirksam sind, während die Quecksilberdampfgleichrichter unterhalb einer Mindeststromstärke von 2—3 Amp. erlöschen.

Die Niederspannungstype ist für Gleichstromstärken von 0 bis 3, 6, 10, 20 Amp. eingerichtet und liefert je nach dem Übersetzungsverhältnis des Transformators 35, 80 oder 110 Volt. Die Hochspannungstype liefert 1 Amp. bei 3000 Volt.

Die Lebensdauer der Wehneltgleichrichter ist durch das langsame Verschwinden der Gasfüllung während des Betriebes begrenzt. Sie beträgt bei der Niederspannungstype 800 und bei der Hochspannungstype 200 Betriebsstunden.

c) *Glimmlichtgleichrichter.* Durch ein verdünntes Gas vermag so lange kein selbständiger Strom zu fließen, als nicht eine ganz bestimmte

Spannung an der Kathode, der sogenannte normale Kathodenfall, erreicht ist. Dieser ist unabhängig vom Gasdruck und nur durch die Art des Gases und das Material der Kathode bedingt und auch von der Stromstärke unabhängig, solange diese nicht so groß ist, daß die Entladung die gesamte Kathodenoberfläche bedeckt. Man erhält also mit Hilfe des normalen Kathodenfalles ein Ventil, wenn man 2 Elektroden aus verschiedenem Material einander gegenüber stellt, von denen das eine (z. B. Kalium) einen sehr niedrigen, das andere (z. B. Eisen) einen beträchtlich höheren normalen Kathodenfall besitzt. Bleibt die gleichzurichtende Spannung unter dem Werte des höheren Kathodenfalles, so vermag nur in der einen Richtung Strom zu fließen.

Läßt man die Stromstärke weiter ansteigen, bis die ganze Kathode bedeckt ist und die Entladung sich nicht weiter ausbreiten kann, so beginnt der Kathodenfall zu steigen. Man nennt ihn nunmehr anomalen Kathodenfall. Auch dieser führt zu einem Ventil. Stellt man nämlich 2 Elektroden aus gleichem Material einander gegenüber, von denen die eine eine sehr große, die andere eine sehr kleine Oberfläche hat, so wird bei gleicher Spannung in der einen Richtung eine sehr große, in der anderen Richtung eine sehr geringe Stromstärke hindurchgelassen.

Bei den Glimmlichtgleichrichtern, die von der Fa. Jul. Pintsch A.-G., Berlin, sowie von der Osram-G. m. b. H., Berlin, hergestellt werden, sind beide Verfahren miteinander kombiniert. Die Gleichrichter haben eine glühlampenähnliche Gestalt, sind mit einer Normal - Edison-Fassung versehen und enthalten reines Neongas von verringertem Druck. Die Kathode besteht bei den Gleichrichtern für 220 Volt Wechselspannung aus einem großen zylindrischen Blech aus reinem Eisen. Für 110 Volt wird dieses Blech innen mit einer bei Zimmertemperatur flüssigen Kalium-Natrium-Legierung überzogen. Die Anode ist ein dünner Eisendraht in der Achse des Zylinders, der soweit mit einer isolierenden Schutzhülle aus Porzellan bekleidet ist, daß nur seine Spitze in der Mitte des Zylinders für die Entladung freibleibt. Die Gleichrichter werden für Stromstärken bis 0,3 Amp. hergestellt.

Die Herstellung von Gefäßen für größere Ströme stößt auf Schwierigkeiten, da die Abmessungen zu groß werden. Allerdings liegt auch kein Bedürfnis dafür vor, denn der Wirkungsgrad der Glimmlichtgleichrichter ist recht gering, da ja der größere Teil der verfügbaren Spannung in ihnen verbraucht wird. Bei der Verwendung eines Apparates in der Technik kommt es aber nicht auf den Wirkungsgrad allein, sondern auf die Wirtschaftlichkeit des Apparates an, die sich aus der Summe der Energiekosten und der Kosten für Verzinsung und Amortisation des Anschaffungspreises ergibt. Nun sind die Energiekosten bei einem Apparat für sehr kleine Energien im Vergleich zu den anderen Kosten so gering, daß ein billiger Apparat von geringem Wirkungsgrad wirtschaftlicher ist als ein anderer, der einen wesentlich höheren Wirkungsgrad besitzt, dafür aber erheblich teuerer ist. Je größer jedoch die von dem Apparat gleichgerichtete Energie wird, eine um so größere Rolle spielt der Wirkungsgrad.

d) *Lichtbogengleichrichter.* Im Gebiete des anomalen Kathodenfalles befindet sich die Stromdichte im stabilen Gleichgewicht, da mit der Stromdichte die Spannung steigt. Von der im Kathodenfall verbrauchten Energie wird der größere Teil an die Kathode abgegeben und erhitzt diese. Diese Temperatursteigerung der Kathode bewirkt anfänglich ein weiteres Wachsen des anomalen Kathodenfalles. Mit zunehmender Temperatur aber verzögert sich die Zunahme des Kathodenfalles und erreicht schließlich ein Maximum, oberhalb dessen der Kathodenfall wieder abnimmt, weil die Kathode merkliche Mengen Elektronen glühelektrisch auszusenden beginnt. In diesem Augenblick wird die Strömung labil, sie zieht sich auf diejenige Stelle zusammen, an der die Elektronenemission zufällig am größten ist; infolgedessen konzentriert sich die Energie der Entladung auf diese Stelle und ruft an ihr eine sehr hohe Temperatur hervor. Diese bewirkt eine so starke Elektronenaussendung, daß der Kathodenfall von dem hohen Werte der Glimmentladung zu dem sehr geringen Betrage des Lichtbogenkathodenfalles abnehmen kann, denn das Labilwerden der Glimmentladung führt zum Umschlag in einen Lichtbogen.

Die Elektronenerzeugung durch den Kathodenfleck eines Lichtbogens ist die ergiebigste von allen. Demzufolge sind auch die Lichtbogenventile die wichtigsten. In den Quecksilbergroßgleichrichtern werden sie zum Gleichrichten von Strömen von mehr als 1000 A benutzt.

Solange die Quecksilbergleichrichter sich auf die Schaffung mäßiger Gleichspannungen und mäßiger Gleichstromstärken beschränkten und aus vollständig vakuumdichten Glasgefäßen bestanden, genügte eine oberflächliche Kenntnis der physikalischen Vorgänge in ihnen; seitdem jedoch in den Quecksilbergroßgleichrichtern immer höhere Spannungen und immer größere Stromstärken gleichgerichtet werden sollen, während andererseits eine völlige Vakuumdichtheit bei ihnen nicht zu erreichen ist, hat es sich als unbedingt erforderlich herausgestellt, die physikalischen Eigenschaften der Lichtbogenventile so vollständig wie möglich zu durchforschen. Diese Arbeit ist noch im Fluß, so daß hier endgültige Ergebnisse noch nicht geboten werden können. Immerhin liegen doch schon genügend Messungen vor, um eine ausführliche Behandlung des Gebietes zu rechtfertigen.

Daß ein gewöhnlicher elektrischer Lichtbogen unter Umständen eine ausgeprägte Ventilwirkung zeigt, ist schon seit langem bekannt. Ohne wei-

teres vorauszusehen war es nicht, denn beim gewöhnlichen Lichtbogen wird nicht nur die Kathode, sondern auch die Anode so heiß, daß sie Elektronen in hinreichender Menge auszusenden vermag. Deshalb ist bei größeren Strömen und geringen Elektrodenabständen auch keine Ventilwirkung vorhanden. Sobald man jedoch zu Abständen von mehr als 4 mm übergeht und Ströme von etwa 5 A verwendet, indem man einer Kohleelektrode eine zweite Elektrode aus Metall gegenüberstellt, geht der Strom nur in der Richtung über, in der die Kohle Kathode ist. Die Ursache liegt in dem Zusammentreffen folgender Umstände:

1. Die Wärmeleitfähigkeit der Kohle ist sehr viel schlechter als die der Metalle.

2. Die Temperatur von etwa 3000 ° C, die für eine hinreichende Elektronenemission erforderlich ist, liegt unterhalb der Siedetemperatur der Kohle, aber weit oberhalb der Siedetemperatur der meisten Metalle. Infolgedessen stellt sich bei der Metallkathode im Kathodenfleck ein turbulenter Zustand her. Die Oberflächenteilchen, die durch den Aufprall der Kationen auf die hohe Temperatur kommen, werden in dem Augenblick, in dem sie die Temperatur erreichen, als kräftiger Dampfstrahl von der Kathode weggeschleudert. Infolgedessen verschwindet die hohe Temperatur zugleich mit dem Aufhören des Ionenaufpralles. Sobald also der Strom in einer Metallkathode auch nur den kürzesten Augenblick Null geworden ist, kann er von neuem nur wieder auf dem Umwege über die sehr viel mehr Spannung verbrauchende Glimmentladung entstehen. Bei der Kohle dagegen bleibt über eine halbe Periode hinaus immerhin soviel von der Temperatur übrig, daß der Strom, wenn auch im ersten Augenblick mit erhöhter Spannung, doch wieder einsetzen kann.

Jeder Metallkohlebogen läßt sich also als Ventil verwenden. Der entscheidende Fortschritt, der durch die Verwendung des Quecksilbervakuumlichtbogens herbeigeführt wurde, liegt darin, daß erstens das Quecksilber als flüssiges Metall, nachdem es verdampft und an den Gefäßwänden niedergeschlagen ist, immer wieder zur unten angeordneten Kathode zurückrinnt, so daß kein Materialverlust stattfindet, zweitens der Spannungsverlust im reinen Quecksilberdampf sehr gering ist, drittens infolgedessen die Anode von der Kathode genügend weit entfernt werden kann, so daß sie von der Strahlung der Kathode nicht mehr getroffen wird, viertens die Anode bei einem Vakuumlichtbogen verhältnismäßig kalt bleibt. Die an ein Ventil zu stellenden Forderungen: geringer Spannungsverlust in der Flußrichtung, geringer Strom in der Sperrichtung, hohe Rückzündungsgrenze in der Sperrichtung, sind beim Quecksilbergleichrichter weitgehend erfüllt. Zur Beschreibung teilt man die für das Verhalten der Ventile maßgebenden Erscheinungen zweckmäßig in 6 Gruppen ein:

I. Flußrichtung oder Lichtbogenrichtung;
II. Sperrichtung oder Glimmstromrichtung;
a) Kathode; b) Gasstrecke; c) Anode;

Ia. *Kathode des Lichtbogens.*

Der Kathodenfall des Quecksilberlichtbogens ist nach *Stark* von der Stromstärke und dem Quecksilberdampfdruck unabhängig und beträgt 5,27 ± 0,09 V. An der Kathode finden folgende Arten von Energieverbrauch statt:

1. Wärmeleitung aus dem Kathodenfleck in das Quecksilber der Kathode;
2. Strahlung des Kathodenfleckes;
3. Verdampfungswärme des verdampfenden Quecksilbers.

Die von dem wild auf der Oberfläche des Quecksilbers umherirrenden kleinen, weißglühenden Kathodenfleck an die Kathode abgegebene Energie beträgt 2,68 Wattsekunden pro Ampère und Sekunde. Der Querschnitt des Kathodenfleckes beträgt $2,53 \cdot 10^{-4}$ cm²/A, die Stromdichte im Fleck demnach 4000 A/cm², ist also außerordentlich hoch. Die Strahlung des Kathodenfleckes ist bisher nicht gemessen worden, sie spielt wegen der geringen Größe des Fleckes keine wesentliche Rolle. Wird die Temperatur des Fleckes zu 2000 ° C angenommen, so errechnet sich eine Strahlung von 0,0366 W/A. Infolge der hohen Temperatur des Fleckes verdampft das Quecksilber sehr lebhaft. Die in einer Sekunde verdampfende Menge beträgt $2,08 \cdot 10^{-3}$ g pro Amp. Um diese Menge zu verdampfen, ist eine Energiezufuhr von 2,20 W in der Sekunde erforderlich.

Nimmt man an, daß an der Kathode fast die gesamte Strahlung durch positive Ionen gebildet wird, die auf die Kathode zufliegen, so ist die an die Kathode abgegebene Energie pro Ampère = 5,27 W.

Nach vorstehenden Angaben sind an der Kathode gefunden:

a) Wärmeableitung in das Kathodenquecksilber	2,68 W,
b) Strahlung (2000 ° C)	0,04 „
c) Verdampfungswärme des Quecksilbers	2,20 „
Sa.	4,92 W.

Es findet sich also fast die gesamte durch den Kathodenfall erzeugte Energie im Kathodenfleck wieder. Daraus folgt, daß in der Tat der überwiegende Teil des Stromes an der Kathode durch Kationen transportiert wird, die auf die Kathode zufliegen.

Ib. *Die Vorgänge in der Lichtbogengasstrecke.*

In der Gasstrecke des Lichtbogens strömen freie Elektronen nach der Anode, freie Kationen nach der Kathode hin, in der Volumeneinheit sind von beiden praktisch gleich viel vorhanden. Infolge der außerordentlich geringen Geschwindigkeit der Kationen, im Vergleich zu der der Elektronen kommen für den Stromtransport praktisch nur die letzteren in Frage.

Die Verhältnisse werden dadurch kompliziert, daß der Quecksilberdampfdruck von der Temperatur und diese wiederum von der Belastung abhängt. Der Quecksilberdampfdruck eines Gleichrichtergefäßes läßt sich nur mit Hilfe des Satzes ableiten, daß überall da, wo sich Quecksilber kondensiert, der Dampfdruck gleich dem der Kondensationstemperatur zugehörigen Sättigungsdruck des Quecksilbers ist.

Versuche über die Temperaturverteilung in einem Glasgleichrichter für 100 Amp. haben ergeben, daß die in der Nähe der Kathode gelegenen Teile am heißesten werden. Die Anodenarme sind etwas weniger heiß. Die Kondensation des Quecksilbers beginnt bei 100° C und einem Druck von 0,28 mm schon ziemlich weit unten im Gefäß. Im oberen Teil findet sie bei abnehmender Temperatur und abnehmendem Druck bis herunter zu einem Druck von 14 μ statt. Die Geschwindigkeit, mit der das verdampfende Quecksilber in die Kühlkammer hineinströmt, berechnet sich bei voller Belastung des Gleichrichters zu 10^3 cm/sec. Derartige Dampfstrahlen üben eine stark saugende Wirkung auf alle Fremdgase und Suspensionen aus und pressen diese im oberen Teile der Kühlkammer zusammen, soweit nicht durch den emporschießenden Kathodendampfstrahl verursachte heftige Wirbelbewegungen wieder alles durcheinandermischen.

Ähnlich wirken die schwächeren Dampfstrahlen, die durch die Kondensation des Quecksilbers in den Anodenarmen entstehen, und deren Wirkung trotz ihrer geringen Geschwindigkeit verhältnismäßig groß ist, da sie in den langen, engen Armen strömen. Sie sammeln die Fremdgase und Staubteilchen in der Nähe der Anoden an. Hiernach kann also von einem einheitlichen Dampfdrucke in den Quecksilbergleichrichtern schon bei Belastung mit Gleichstrom keine Rede sein. Von einem einigermaßen gleichmäßigen Druck kann nur in den Anodenarmen gesprochen werden, weil in diesen die Kondensation gering ist

Die Temperatur in der positiven Lichtsäule etwa mit Hilfe hineingebrachter Körper messen zu wollen, ist aussichtslos. Bei der außerordentlich geringen Wärmekapazität des verdünnten Quecksilberdampfes und der großen Strahlungsverluste aller festen Körper bei höheren Temperaturen setzen feste Körper die Temperatur des Quecksilberdampfes soweit herab, daß sie nicht einmal der Größenordnung nach richtig bleibt. Die Temperatur in der positiven Lichtsäule läßt sich nur durch Rechnung finden, die sich auf die Wärmeleitfähigkeit des Quecksilberdampfes gründet. Diese ergibt, daß die Temperatur in der Achse der positiven Lichtsäule zwischen 1000° C bei kleinen Strömen und 10 000° C bei den größten vorkommenden Stromstärken liegt.

Infolge der äußerst geringen Wärmekapazität des Quecksilberdampfes folgen die Temperaturen den Stromschwankungen außerordentlich rasch, die Druckschwankungen dagegen bedeutend langsamer. Springt also in einem Anodenarm der Strom auf seinen vollen Wert, so folgt die Temperatur nahezu ohne Verzug, die Dichte aber nicht, so daß der Lichtbogen im ersten Augenblick in dem vorstehend berechneten Beispiel in Dampf der zehnfachen Dichte, also auch des zehnfachen Druckes des normalen, brennt. Sogleich setzt jedoch ein heftiger Dampfstrahl ein, der den überschüssigen Dampf aus dem Anodenarm hinausbläst und den Dampfdruck auf den in der Umgebung der Anodenarme herrschenden Wert bringt. Sobald der Strom aufhört, verschwindet die hohe Temperatur wieder praktisch momentan, so daß Dichte und Druck auf ein Zehntel ihres vorherigen Wertes sinken, und ein Dampfstrahl in den Anodenarm hineinstößt, dessen Geschwindigkeit zwar etwas geringer als die des herausstoßenden Dampfstrahles, aber immer noch sehr groß ist. Etwa noch vorhandene Ionen, Fremdgase und suspendierte Staubteilchen werden durch diesen Dampfstrahl heftig gegen die Anode geschleudert.

Diese heftigen, in den Anodenarmen hin und her vibrierenden Quecksilberdampfstrahlen sind um so stärker, je höher die Temperatur der Lichtsäule ist, und dauern in jeder Phase um so länger an, je länger die Anodenarme sind.

Wenn die Gefäßwände soweit entfernt sind, daß sie die Erscheinungen nicht mehr stören, ist der Lichtbogen in reinem Quecksilberdampf bei geringem Druck, abgesehen vom Kathodenfleck und einer hellen Zone um die Anode, vollkommen lichtlos, der Spannungsverlust in einer 25 cm langen Gasstrecke 3,4 Volt. Mit steigendem Druck steigt die Spannung. Wenn sie 6 Volt überschreitet, beginnt der Lichtbogen von der Anode her leuchtend zu werden; bei 4 mm Druck und 11 Volt Spannungsverlust ist das Leuchten bis zur Kathode vorgedrungen.

Werden dem Lichtbogen Fremdgase zugesetzt, so steigt der Spannungsverlust um so mehr, a) je mehr das Wärmeleitvermögen des Fremdgases das des Quecksilberdampfes übersteigt, b) je größer der Energieverlust der Elektronen beim Zusammenstoß mit den Molekülen des Fremdgases ist. Die Reihenfolge der Gase in bezug auf den Spannungsverlust ist folgende: Hg, Ar, CO_2, NH_3, N, H, O, SO_2.

Je größer der Energieverlust der Elektronen beim Zusammenstoß mit den Molekülen des Fremdgases ist, um so größer ist der Spannungsverlust, bei dem der Lichtbogen zu leuchten beginnt. Beispielsweise ist der Lichtbogen in O bei 60 Volt Spannungsverlust in der Gasstrecke noch vollständig lichtlos.

Die Spannungszunahme infolge des Zusatzes von Fremdgasen bewirkt eine Temperatursteigerung im Gefäß, diese wiederum eine Zunahme des Quecksilberdampfdruckes. Bei einer bestimmten kritischen Gasdichte und Stromstärke treiben sich Spannung, Temperatur und Quecksilberdampfdruck gegenseitig beschleunigt in die Höhe, so

daß die Spannung „wegläuft", bis der Lichtbogen entweder erlischt oder in eine weißleuchtende Form umschlägt, die nur wenig Spannung verbraucht. Dieses „Weglaufen" findet bei um so geringerer Fremdgasmenge statt, je höher die Stromdichte ist.

Die Fremdgase haben aber noch eine weitere, sehr unangenehme Wirkung. Es verbindet sich nämlich im Quecksilberlichtbogen der Sauerstoff der eingedrungenen Luft mit dem Eisen der Anode zu Eisenoxyd. Dieses wird zerstäubt und bildet mit dem Quecksilber eine klebrige, leitende Schmiere, die die Wände und auch die isolierenden Teile des Gefäßes überzieht. Eine noch schlimmere Schmiere bildet das Quecksilber mit Stickstoff und Kohlenstoff, der etwa als Staub oder auch aus dem Eisen der Gefäßwände heraus in das Gefäß gelangt.

Sobald nun diese Schmiere in einem Großgleichrichter etwa den Isolator zwischen Kathode und Metallgehäuse mit einer leitenden Brücke überzieht, wird es dem Kathodenfleck des Lichtbogens möglich, über diese Brücke hinüber zum Gehäuse zu wandern und auf diesem fortirrend, bis in die nächste Nähe der Anode zu gelangen. Der Strom fließt dann vom Kathodenfleck durch das Gehäuse und über die leitende Brücke zur Kathode. Dadurch wird die leitende Brücke erwärmt und wieder zerstört. Erfolgt diese Zerstörung, ehe der Kathodenfleck in gefährliche Nähe der Anode gekommen ist, so erlischt er wieder auf dem Gehäuse, im andern Falle erfolgt jedoch eine Rückzündung.

Solange es also nicht möglich ist, bei den Großgleichrichtern Fremdgase vollständig fernzuhalten, muß man wenigstens bestrebt sein, die Bildung leitender Brücken möglichst zu erschweren, indem man die isolierende Schicht zwischen Kathode und Gehäuse möglichst lang und schwer überbrückbar macht. Gleichzeitig empfiehlt es sich, die Anode durch umhüllende isolierende Schirme von der nahen Gehäusewand weiter abzutrennen. Beide Maßnahmen haben jedoch die unangenehme Folge, die Zündspannung in die Höhe zu treiben. Gelangt nun Luft in den Gleichrichter, wodurch eine weitere beträchtliche Erhöhung der Zündspannung bewirkt wird, so kann es vorkommen, daß der Gleichrichter erlischt und zunächst nicht wieder zünden will.

c) *Die Anode des Quecksilberlichtbogens.*

Die Ionisierungsspannung des unangeregten Quecksilberatoms ist 10,4 Volt, die Ionisierungsspannung des angeregten Atoms oder Moleküls liegt um so niedriger, je stärker es angeregt ist. Die Anregung kann sowohl durch Elektronenstoß als auch durch Aufnahme von Quanten durch Resonanzstrahlung erfolgen. Die unterste Anregungsstufe entspricht 4,68 Volt Spannung. Solange die Elektronen die entsprechende Geschwindigkeit nicht erreicht haben, ist keine Anregung und infolgedessen auch keine Ionisierung möglich. Bei hinreichender Intensität der Anregung beginnt jedoch die Ionisierung schon wenig über 4,68 Volt.

Angenommen, an der Anode wäre in einem gegebenen Augenblick die Ionisierung ebenso gering wie in der positiven Lichtsäule, d. h. praktisch zu vernachlässigen. Dann würden die vorhandenen positiven Ionen von der Anode wegwandern und es würde, da nur noch negative Elektronen in der Nähe der Anode vorhanden wären, eine Zone negativer Raumladung entstehen. Die Dicke dieser Zone und der Betrag der Raumladung würde so lange zunehmen, bis durch Stoßionisation in der Zone ebensoviel positive Ionen gebildet würden wie in der positiven Lichtsäule gebraucht werden, d. h. nach *Schottkys* Annahme für je 400 auf die Anode auftreffende Elektronen je ein positives Ion.

Der Anodenfall ist also derjenige durch negative Raumladung hervorgerufene Spannungsabfall, der die Bildung der erforderlichen Anzahl positiver Ionen in der Raumladung ermöglicht.

Er nimmt bei steigendem Dampfdruck an Graphitanoden von etwa 18 Volt bei sehr geringem Dampfdruck bis auf etwa 4,8 Volt bei einem Dampfdruck von 220 μ ab und bleibt bei weiterem Steigen des Dampfdruckes konstant. Solange der Anodenfall noch oberhalb des Mindestwertes von etwa 4,8 Volt ist, wird er wesentlich durch die Intensität der Resonanzstrahlung des Quecksilbers bedingt. Er ist um so niedriger, je intensiver diese Strahlung ist. Infolgedessen hängt er auch von der Form der Anode ab. Konkave Anodenform begünstigt die Konzentration der Resonanzstrahlung und erniedrigt den Anodenfall, konvexe wirkt umgekehrt. Am niedrigsten wird der Anodenfall, wenn in der Anode eine Bohrung hinreichenden Durchmessers ist, in die der Strom fast vollständig hineingeht, am höchsten ist er an einer kugelförmigen Anode.

Daß das Material der Anode den Anodenfall beeinflußt, ist wahrscheinlich, aber nicht sicher; von der Stromstärke und der Temperatur der Anode ist der Anodenfall unabhängig, solange der Dampfdruck konstant bleibt.

2a. *Die Kathode der Glimmentladung in der Sperrichtung.*

Die Vorgänge an der Kathode der Sperrichtung, der sogenannten „Anode" des Gleichrichters, sind bei höheren Spannungen von größter Wichtigkeit, denn der Verwendbarkeit des Gleichrichters zum Gleichrichten hoher Spannungen wird dadurch ziemlich früh eine Grenze gesetzt, daß sich der über die Kathode gleichmäßig verteilte Glimmstrom bei einer bestimmten Spannung in den punktförmig auf der Kathode aufsitzenden Lichtbogenstrom zusammenzieht. Die hohe Spannung des anomalen Kathodenfalles sinkt auf wenige Volt, der Strom schwillt gewaltig an, der Gleichrichter ist auch in der Sperrichtung durchlässig geworden und wirkt nun fast wie ein Kurzschluß. Die gefürchtete Rückzündung ist einge-

treten. Die Zukunft des Quecksilbergleichrichters hängt davon ab, wie weit es gelingt, dieser Rückzündung Herr zu werden und sie mit Sicherheit bis zu höheren Spannungen hinaufzudrücken.

In reinem Quecksilber ist der normale Kathodenfall in einer vollständig entgasten Eisenkathode 530 Volt, also viel höher als bei allen andern Gasen, eine Tatsache, die für die Rückzündung sehr günstig ist. Hierzu kommt, daß die Stromstärke im Gebiet des anomalen Kathodenfalles nur sehr langsam mit der Spannung steigt. Nun ist es nicht schwierig, bei einem Glasgleichrichter, der mit aller Sorgfalt entgast ist, den Druck durch Kühlung unter 100 μ, ja, bei geringer Belastung sogar bis auf 20 μ herunter zu drücken.

Wie hoch unter derartig vollständig sauberen Verhältnissen die obere Rückzündungsgrenze liegt, ist noch nicht sicher festgestellt. Immerhin ist es *Leblanc* gelungen, mit einem Glasgleichrichter bei guter Kühlung Wechselspannungen von 20 000 Volt gleichzurichten. Der Zusatz von Fremdgasen zu Quecksilberdampf wirkt in doppelter Weise. Erstens erhöht er den Gesamtdruck und vergrößert schon dadurch den Glimmstrom, zweitens nähert sich der Glimmstrom um so mehr dem dem reinen Fremdgase zukommenden Betrage, je größer dessen Partialdruck ist.

Mit zunehmender Temperatur der Glimmkathode steigt sowohl der normale als auch der anomale Kathodenfall bis zur hellen Rotglut der Kathode nicht unbeträchtlich an. Für den anomalen Kathodenfall erklärt sich diese Erscheinung daraus, daß auch das Gas, das an die Kathode grenzt, erhitzt wird, so daß seine Dichte abnimmt. Infolge dieser Erscheinung verträgt im Gleichrichterbetrieb eine glühende Anode eine viel höhere Rückspannung als eine kalte.

Dieses Verhalten hat noch einen anderen Grund. Mit der hohen Temperatur der Kathode ist ein hoher Quecksilberdampfdruck verbunden, demgegenüber der Einfluß der stets vorhandenen Fremdgase verschwindet. Bei kalter Anode dagegen und sehr geringem Quecksilberdampfdruck überwiegen die Fremdgase und setzen die Rückspannung herab.

Wird die Temperatur der Kathode bis zur hellen Weißglut gesteigert, so bricht die hohe Feldstärke zusammen und die Glimmentladung schlägt in die Lichtbogenentladung um. Die Einzelheiten dieses Vorganges sind jedoch noch nicht erforscht.

Das Umschlagen in die Lichtbogenentladung wird durch Verunreinigungen auf der Kathode außerordentlich erleichtert, wenn diese, wie z. B. Alkali- oder Erdalkalisalze, die Kathode zu einer Wehneltkathode machen. Sind solche Verunreinigungen vorhanden, so ist die kalte Kathode rückzündungssicherer als die auf Rotglut befindliche, bei der die Wehnelt-Elektronenemission schon merklich zu werden beginnt.

Auch hier zeigt sich wieder, wie verwickelt die Erscheinungen im Quecksilbergleichrichter sind, wie durch kleine, kaum beachtete Verunreinigungen die Verhältnisse vollständig auf den Kopf gestellt werden können. Es ist deshalb peinlichste Sauberkeit beim Zusammensetzen der Gleichrichter für ihre Betriebssicherheit ebenso wichtig wie das Fernhalten von Fremdgasen. Ein wenig Handschweiß auf einer Anode reicht hin, um Rückzündungen herbeizuführen.

Die Erscheinungen in der Gasstrecke und an der Anode der Glimmentladung sind ohne Belang.

Der Bau der Quecksilberdampfgleichrichter hat in den letzten Jahren große Fortschritte gemacht. Sowohl Glasgleichrichter als auch Großgleichrichter werden zurzeit von einer größeren Anzahl deutscher Firmen hergestellt. Die Schwierigkeit, größere Stromstärken vakuumdicht in Glasgefäße einzuführen, wurde auf zweierlei Weise überwunden: einerseits gelang es, eine Glassorte, das sog. Molybdänglas, herzustellen, in das sich dicke Molybdänstäbe luftdicht einschmelzen lassen. Das andere Verfahren besteht darin, den dünnen Rand einer becherförmigen Platinkappe, neuerdings auch Kupferkappe, ringsum mit dem Glas zu verschmelzen und die stromführenden Stäbe von beiden Seiten mit dem Boden der Platinkappe zu verschweißen. Man ist jetzt mit den Glasgleichrichtern betriebsmäßig bis zu gleichgerichteten Stromstärken von 250 Amp., probeweise sogar bis 500 Amp. gelangt. Derartige Gleichrichter haben 6 Anodenarme für 6-phasigen Wechselstrom und bilden bei ihrer verwickelten Form und ihrer gewaltigen Größe wahre Wunderwerke der Glasblasekunst.

Die Großgleichrichter, die Eisengehäuse besitzen, und bei denen die Elektroden durch große Porzellanisolatoren gegen das Gehäuse isoliert sind, hatten anfänglich mit noch viel größeren Schwierigkeiten zu kämpfen als die Glasgleichrichter. Jetzt sind diese Schwierigkeiten hinreichend überwunden und man hat bereits Großgleichrichter für Stromstärken von 2000 Amp. hergestellt.

Eine Art Zwischenstellung zwischen den Quecksilberdampfgleichrichtern und Glimmlichtgleichrichtern nimmt der Argonalgleichrichter ein, der von den Deutschen Telephonwerken hergestellt wird. Äußerlich ist er wie ein Quecksilberglasgleichrichter eingerichtet. Er enthält neben dem Quecksilberdampf verdünntes Argongas als Füllung und einen Zusatz von metallischem Natrium zum Quecksilber der Kathode. Diese beiden Änderungen haben zusammen zur Folge, daß der Gleichrichter noch bei viel geringeren Strömen als der Glasgleichrichter betriebsfähig bleibt. Außerdem besitzt er eine besondere Zündanode, die automatisch den Gleichrichter sofort wieder einschaltet, wenn er einmal erlischt.

Funkenventile.

Als letztes Verfahren, an der Grenze Metall—Gas eine Ventilwirkung zu erzeugen, ist die Funkenentladung zu erwähnen. Physikalisch cha-

rakterisiert sich ein Funke als ein fast momentaner Übergang einer Glimmentladung in einen Lichtbogen und unmittelbar darauf folgendes Erlöschen des Lichtbogens infolge von Erschöpfung der Energienachlieferung. Da die Glimmentladung bei einer bestimmten maximalen Feldstärke an der Kathode einsetzt und da diese an einer Spitze viel größer ist als an einer Platte, erhält man ein Ventil, wenn man eine Spitze und eine Platte bei Atmosphärendruck einander gegenüberstellt und mit Wechselstrom belastet. Um dieses Ventil wirksam zu machen, sind jedoch noch einige besondere Vorkehrungen nötig. Würde man nämlich die Entladung bis zum Lichtbogen fortschreiten lassen, so würde die hohe Temperatur des Lichtbogens das Ventil auch in der Sperrrichtung durchlässig machen. Man vermeidet nach *Wolcott* und *Erikson* dieses dadurch, daß man einen Luftstrom von der Spitze zur Platte bläst.

Versuche, die von den genannten Forschern angestellt wurden, ergaben mit einem Gebläse von 5 cm Überdruck eine sehr saubere Gleichrichterwirkung bis zu den höchsten verwandten Wechselspannungen im Betrage von 350 000 Volt.

3. Die Grenze Metall — Elektrolyt.

Die Grenze Metall — Elektrolyt scheint eine außerordentliche Menge von Kombinationen zu ermöglichen. Ihre Ventilwirkung beruht darauf, daß jedes Anion oder Kation bei gegebener Konzentration des Elektrolyten zu seiner Abscheidung einer ganz bestimmten Spannung bedarf. Wird beispielsweise eine Zelle aus einer Kupferelektrode, einer Platinelektrode und saurer Kupfersulfatlösung hergestellt, so fließt in der Richtung, für die das Kupfer Anode ist, schon bei der geringsten Spannung ein Strom durch die Zelle, während in der entgegengesetzten Richtung die Zersetzungsspannung des Wasserstoffes an der Platinelektrode im Betrage von 0,8 Volt erreicht sein muß, ehe Strom zu fließen vermag.

Dieses Beispiel offenbart aber auch sogleich die Mängel derartiger Kombinationen. Sobald ein Strom in der Richtung Cu—Pt geflossen ist, hat er Kupfer auf dem Platin niedergeschlagen. Dieses ist dadurch in eine Kupferelektrode verwandelt worden und der Strom vermag nunmehr auch in der entgegengesetzten Richtung ohne merkliche Mindestspannung zu fließen, bis das auf dem Platin niedergeschlagene Kupfer wieder gelöst ist. Infolgedessen ist diese Kombination als Ventil nicht brauchbar.

Offenbar lassen sich nur solche Kombinationen verwenden, bei denen das in der durchlässigen Richtung abgeschiedene Metall auf der Kathode nicht haften bleibt. Das hierzu geeignetste Material ist das Quecksilber, das von geeigneten Kathoden nahezu vollständig herabrinnt.

Wird also beispielsweise eine Zelle aus einer Quecksilberelektrode, einer Platiniridiumelektrode und dem komplexen Quecksilbersalz K_2HgJ_4 hergestellt, in dem die Platiniridiumelektrode oben, die Quecksilberelektrode am Boden des Gefäßes angeordnet wird, so kann der Strom in der Richtung des Quecksilbers zum Platiniridium mit beliebig geringer Spannung beliebig lange durch die Zelle fließen, ohne daß sich ihre Zusammensetzung ändert. Sobald jedoch die Stromrichtung umgekehrt wird, muß an der Platiniridiumelektrode die Zersetzungsspannung des Jods im Betrage von 0,6 Volt aufgewendet werden.

Die Zelle wirkt also bis zu Spannungen von 0,6 Volt als ein Ventil, bei dem in der Flußrichtung die erforderliche Spannung zugleich mit der Stromstärke 0 wird, ein Fall, der bei Ventilen sehr selten ist.

Die Verwendung dieser auf der Grenze Metall—Elektrolyt beruhenden Ventile unterliegt jedoch noch einer weiteren, sehr wesentlichen Einschränkung. Die Ventilwirkung stellt sich erst her, nachdem eine gewisse, wenn auch sehr geringe Strommenge durch die Zelle geflossen ist und eine Schicht molekularer Dicke des betreffenden Kations abgeschieden hat. So belanglos diese geringe Strommenge bei der statischen Verwendung der Ventile ist, so störend ist sie, wenn das Ventil zum Gleichrichten von Wechselstrom benutzt werden soll. Bei fünfzigperiodigem Wechselstrom steht dem Strom jedesmal nur $^1/_{100}$ Sekunde zur Abscheidung und Wiederauflösung zur Verfügung. Infolgedessen muß er ziemlich stark sein, um die erforderliche Elektrizitätsmenge in der kurzen Zeit liefern zu können. Es besteht also in beiden Richtungen im Anfange jeder Periodenhälfte Durchlässigkeit.

Bei stark verschiedenen Elektrodengrößen ist die Beziehung zwischen Strom und Spannung ohne weiteres von der Stromrichtung abhängig. Besteht beispielsweise ein Ventil aus einer sehr großen und einer äußerst kleinen Platinelektrode mit Schwefelsäurelösung als Elektrolyt, so wird an der kleinen Elektrode das jeweilige Ion in Gasform abgeschieden, ehe sich die große Elektrode merklich mit dem entgegengesetzten Ion belädt. Sie kann also als indifferente Elektrode angesehen werden. Um den Betrag, um den sich im vorliegenden Falle die Abscheidungsspannungen von Sauerstoff und Wasserstoff an der kleinen Elektrode unterscheiden, wirkt die Zelle als Ventil.

4. Die Grenze Gas — Elektrolyt. Elektrolytgleichrichter.

Auf der Ventilwirkung der Grenze Gas—Elektrolyt dürften nach einer von *Günther-Schulze* aufgestellten Theorie die sogenannten Elektrolytgleichrichter beruhen. So hoch das Spannungsgefälle ist, das man braucht, um Elektronen durch Stoßionisierung aus einer kalten Metallelektrode freizumachen, um so viel höher ist das Spannungsgefälle, bei dem sich Elektronen aus einer kalten Elektrolytelektrode gewinnen lassen, zumal, wenn das an die Elektrode grenzende Gas unter erhöhtem Druck steht, so daß die freie Weglänge der Ionen außerordentlich klein wird.

Trennt man also Elektrolyt und Elektrode durch einen sehr dünnen Gasraum, so entsteht ein Ventil. Diese Anordnung, die künstlich herzustellen aus verschiedenen Gründen unmöglich ist, bildet sich selbsttätig bei der Formierung eines Ventilmetalles, wobei sich sehr interessante und vielseitige Erscheinungen abspielen.

Leider ist die praktische Verwendbarkeit der auf dieser Ventilwirkung beruhenden Gleichrichter recht gering. Zunächst wird die schier unübersehbare Fülle von Kombinationen von Ventilmetall und Elektrolyt durch die an einen Gleichrichter zu stellenden Forderungen derart eingeschränkt, daß nur zwei übrig bleiben, nämlich Aluminium in Ammoniumborat und Ammoniumkarbonat. Aber selbst bei diesen besten Elektrolyten nimmt der Wirkungsgrad der Gleichrichter bei Dauerbelastung ziemlich schnell auf unzureichende Beträge ab. Demnach liegt das Anwendungsgebiet des Aluminiumelektrolytgleichrichters da und nur da, wo gelegentlich Gleichstromenergie in geringen Mengen gebraucht wird, ohne daß es auf den Wirkungsgrad so sehr ankommt und wo infolgedessen der Gleichrichter so billig wie möglich sein muß, wie beispielsweise bei der Ladung kleiner einzelner Akkumulatoren durch den technisch geschulten Besitzer mit Hilfe der Wechselstromlichtanlage seiner Wohnung.

Für eine weitergehende technische Verwendung ist der Aluminiumgleichrichter ungeeignet und wird es auch bleiben. Bezüglich des Tantalgleichrichters gilt das Gleiche. Auch dieser kommt für eine technische Verwendung nicht in Frage.

5. Detektoren.

Man versteht unter Detektoren Apparate, welche Hochfrequenzschwingungen von sehr geringer Intensität nachzuweisen gestatten. Man unterscheidet thermische, magnetische und Kontaktdetektoren. Nur die letzteren beruhen auf echter Ventilwirkung. Diese zerfallen wieder in Ventildetektoren mit einer Flüssigkeit wie die Schlömilchzelle und in solche mit sich berührenden festen Halbleitern, wie Graphit, Silicium, Karborundum, Tellur, Blenden und Kiese. Erst in der letzten Zeit ist durch die experimentellen Untersuchungen von *Rother* und *Hoffmann* und die Theorie von *Schottky* hinreichend sichergestellt worden, daß es sich bei den Detektoren um den unmittelbaren Übergang von Elektronen unter der Einwirkung außerordentlich hoher Feldstärken in den sehr dünnen Trennschichten zwischen den beiden sich berührenden Elektroden handelt. Die für den Übergang erforderliche Feldstärke ist in der einen Richtung größer als in der andern, so daß sich eine Ventilwirkung ergibt. Eine ins einzelne gehende Theorie der zum Teil recht verwickelten Erscheinungen steht noch aus.

Besprechungen.

Martini, Erich, Lehrbuch der medizinischen Entomologie. Jena, G. Fischer, 1923. XVI, 462 S. und 244 Abbild. 16×25 cm. Preis geh. 10, geb. 11,5 Goldmark.

Bisher fehlte es an einem Lehrbuch über dieses, besonders vom hygienischen Standpunkt aus, so wichtige Gebiet in deutscher Sprache, während fremdsprachliche Handbücher genug vorliegen, die in jeder Richtung hin als mustergültig gelten können. Um so erfreulicher ist es, daß nun endlich diese fühlbare Lücke in der deutschen Literatur ausgefüllt wurde. Den zu bewältigenden ungeheuren Stoff hat Verf. in fünf Abschnitten behandelt, und um das Buch nicht allzusehr anschwellen zu lassen, nur das Wichtigste ausgewählt.

Im 1. Abschnitt wird der Bau der Gliederfüßler behandelt. *Martini* hat dabei nicht nur die Insekten, sondern auch die Tausendfüßler und Spinnentiere mit in den Kreis der Betrachtung gezogen, da bekanntlich Vertreter dieser Formen, wie Zecken, Milben, medizinisches Interesse besitzen. Als besonderes Beispiel für den Bau der Gliederfüßler ist die Fiebermücke, Anopheles, gewählt. Weiter bringt dieser Abschnitt eine systematische Übersicht über die Gliederfüßler, soweit sie von hygienischer Bedeutung sind.

Im 2. Abschnitt kommen die Gliederfüßler als Gifttiere zur Darstellung. Kurze Ausführungen über die tierischen Gifte im allgemeinen gehen voraus.

Im 3. Abschnitt — er ist der umfangreichste — werden die Gliedertiere als Schmarotzer behandelt. Die besonders wichtigen Formen wie Kleiderlaus, Floh, Wanze, Stechmücken, Stechfliegen, Zecken und Milben kommen dabei zur eingehenden Darstellung.

Der 4. Abschnitt befaßt sich mit dem Thema „Gliederfüßler als Krankheitsüberträger". Die Übertragung von Würmern, Sporozoen, Flagellaten, Spirochäten, Bakterien und noch unbekannten Erregern wird ziemlich eingehend behandelt. In diesem Abschnitt schweift Verf. bisweilen etwas vom eigentlichen Thema ab, indem er nicht nur die Art der Übertragung von Parasiten durch Gliedertiere schildert, sondern indem er auch auf die Naturgeschichte der von ihnen übertragenen Formen eingeht. Zur Abrundung des ganzen Gebietes ist diese Abschweifung wohl mehr als Vorteil als ein Nachteil für den Leser zu betrachten.

Der 5. Abschnitt ist dem Kapitel „Ungezieferbekämpfung" gewidmet. Je nach der praktischen Bedeutung sind die Mittel mehr oder minder eingehend kritisch gewürdigt. Den Schluß dieses Abschnittes bilden Erörterungen über die Organisation, die Erfahrungen, die praktische Ausgestaltung, die Propaganda usw. der Ungezieferbekämpfung.

Die Ausführungen des Verf. sind durch reiches, vielfach völlig neues Bildmaterial ergänzt. Eine Reihe von Abbildungen empfehle ich bei einer Neuauflage abzuändern oder durch bessere zu ersetzen. Auch manche kleine Versehen in der Darstellung bedürfen bei einem Neudruck der Verbesserung, wie auch die Nomenklatur noch einer teilweisen Revision bedarf. Diese kritischen Hinweise dürften Verf. nicht unwillkommen sein. Die ungeheure Literatur, welche dieses Gebiet umfaßt, ist

möglichst weitgehend herangezogen und angeführt worden. Manche Lücke ist, durch die Zeitumstände bedingt, natürlich entstanden; auch in dieser Hinsicht werden bei einer Neuauflage Ergänzungen willkommen sein. — Alles in allem: das erste *grundlegende Werk über medizinische Entomologie* in deutscher Sprache liegt vor, und man kann *Martini* für seine verdienstvolle Arbeit nur Dank sagen. Die Ausstattung des Buches läßt nichts zu wünschen übrig.

Albrecht Hase, Berlin-Dahlem.

Martini, Erich, Über Stechmücken, besonders deren europäische Arten und ihre Bekämpfung. Beiheft I zum Bd. 24 des Archiv für Schiffs- und Tropenhygiene. Leipzig, J. A. Barth, 1920. 267 S., 117 Abb. im Text und 4 Taf.

Erfreulich ist die Tatsache, daß in jüngster Zeit die deutsche Tierwelt von den verschiedensten zoologischen Gebieten aus zum Gegenstand eingehender Untersuchungen gemacht wird. *M.* hat in seiner hier vorliegenden Monographie der europäischen Stechmücken die in Deutschland einheimischen Formen besonders stark berücksichtigt. Es ist deshalb allen denen, die sich in dieses Thema — sei es vom mehr zoologischen oder hygienischen Standpunkte aus — einarbeiten wollen, die M.sche Monographie bestens empfohlen. Der behandelte Stoff ist wie folgt angeordnet. Zunächst kommt ein allgemeiner Teil, der über die hygienische Bedeutung der Stechmücken, über ihren Bau, ihre Lebensweise, über die Parasiten der Mücken sowie über Fang, Züchtung und Konservierung handelt. Der zweite und dritte Abschnitt ist überwiegend systematisch und dient der genauen Beschreibung der einzelnen Arten, wobei die Besonderheiten in den Lebensgewohnheiten jeder Form klar hervorgehoben werden. Der vierte Teil trägt durchweg hygienischen Charakter. Welche Schutzmittel gegen Mücken zu verwenden sind, wie die Bekämpfung der Vollkerfen zu handhaben ist, und wie die Bekämpfung der Brut (Larven) durchgeführt werden muß, um Erfolg zu haben, ferner, welche Propagandatätigkeit und Aufklärungsarbeit hierbei zu leisten ist, wird ausführlich dargelegt. Die gesamten Darstellungen sind mit sehr reichem und gutem Bildmaterial versehen. Der größte Teil der Abbildungen ist völlig neu; ein Teil wurde bekannten deutschen und fremdländischen einschlägigen Werken entnommen. Das über 300 Nummern umfassende Schriftenverzeichnis führt in die wichtigste Literatur ein.

Albrecht Hase, Berlin-Dahlem.

Schnegg, Hans, Das mikroskopische Praktikum de Brauers. II. Teil: *Gärungsorganismen.* Stuttgart F. Enke, 1922. VIII, 468 S, 165 Abbildungen und 6 Tafeln. 14 × 22 cm.

Während der erste Band des „Mikroskopischen Praktikums des Brauers“ sich mit den Rohstoffen der Brauerei, vorwiegend mit Malz, Hopfen und Wasser beschäftigte[1]), bringt dieser zweite Band ausschließlich Gärungsorganismen. Der Inhalt ist folgendermaßen gegliedert:

Einführung: Einrichtung des Laboratoriums.

I. Hauptstück: Morphologie, Biologie und Physiologie der Schimmelpilze.

1. Einführung. 2. Die Schimmelpilze der Rohstoffe (Septosporium, Cladosporium, Dematium, Brandpilze). 3. Mukorpilze. 4. Pinselschimmel. 5. Aspergillus. 6. Botrytis, Fusarium, Trichothecium. 7. Oidium, Dematium, Phoma, Monilia.

II. Hauptstück. Morphologie, Biologie und Physiologie der Sproßpilze.

8. Einführung in die Hefen. 9. Vermehrung der Kulturhefen. 10. Hefereinzucht. 11. Sporenbildende wilde Hefen. 12. Kahmhefen. 13. Nicht sporenbildende, wilde Hefen.

III. Hauptstück: Morphologie, Biologie und Physiologie der Spaltpilze.

14. Einführung. Die Bakterien des Malzes und der Maische. 15. Die Bakterien der Gerste, des Wassers und der Würze. 16. Die Bakterien von gekochter Maische, Gerstenabsud und Wasser. 17. Die Bakterien des Biers.

Anhang. Tabellen zur Bestimmung der wichtigsten Gärungsorganismen des Brauereibetriebs.

Schon die äußere Aufmachung ist sehr ansprechend; deutlicher Druck auf gutem Papier, mit zahlreichen wunderhübschen klaren Zeichnungen des Verfassers, die schon den ersten Band auszeichneten.

Etwas befremdend wirkt die starke Betonung der Schimmelpilze, da das Buch, wie der Titel besagt, für den Brauer bestimmt ist. Es sind verwandt worden: auf die Beschreibung des Laboratoriums 26 Seiten, auf die Schimmelpilze 226 Seiten, auf die Hefen 135 Seiten, auf die Bakterien 71 Seiten. Eine ähnliche Verteilung gilt für die Abbildungen. So hat allein die Gruppe der Mukorpilze 39 Abbildungen, während die gesamten Hefen mit nur 21 Abbildungen vertreten sind. Nun ist freilich über Schimmelpilze mehr zu schreiben und mehr zu zeichnen als über Hefen, die Schimmel bieten in ihren Fruchtträgern und Sporen eine viel größere Abwechslung als die Hefen, aber am Ende sind doch die Hefen für den Brauer die Hauptsache, wichtiger als alle Schimmel und Bakterien, und das sollte auch in der Raumverteilung zum Ausdruck kommen. Verfasser hat dies Mißverhältnis auch empfunden und erklärt es dadurch, daß er sehr ausführlich sein mußte, um das Buch zum Selbststudium geeignet zu machen. Dieser Zweck ist auch voll erreicht. Dazu kommt, daß in den ersten Kapiteln der Schimmel die ganze Technik der Reinkulturgewinnung und der Pilzzüchtung sehr eingehend beschrieben ist. Jedenfalls ist der erste Teil ein äußerst anziehendes Buch über Schimmelpilze, mit großer Liebe geschrieben, die gründlichste gemeinverständliche Einführung, die dem Referenten bekannt ist.

Der zweite Teil behandelt sowohl die Kulturhefen wie die wilden Hefen, ebenfalls wieder gemeinverständlich im besten Sinne des Wortes dargestellt. Es sind nur diejenigen Hefen erwähnt, die den Brauer interessieren; alles andere ist — vielleicht etwas zu radikal — fortgelassen. Genau so ist der dritte bakteriologische Teil nur auf die Bierbereitung zugeschnitten. Die Spirillen werden auch in der allgemeinen Einleitung gar nicht erwähnt. Die Nomenklatur der Bakterien ist planlos und entspricht keinem der üblichen Bakteriensysteme (Gattungsnamen Granulobacter, Pediococcus, Termobacterium, Diplococcus, Staphylococcus, Saccharobacillus). Die Buttersäure-, Milchsäure-, Essiggärung und die Sarcinakrankheit sind ziemlich eingehend beschrieben.

Die Bestimmungstabellen des Anhangs gelten nur für die im Buch erwähnten Organismen, diese können danach leicht erkannt und benannt werden. Ein gutes, vollständiges alphabetisches Inhaltsverzeichnis beschließt den Band.

Alles, was in dem Buche steht, ist mit großer Sorgfalt geschrieben und ist offensichtlich das Er-

[1]) Siehe Naturwissenschaften 1922.

gebnis langer Erfahrung im Unterrichten. Man darf nur nicht mehr von dem Buch verlangen, als was sein Titel besagt. Es ist nur für den Brauer bestimmt, für die anderen Gärungsgewerbe paßt es nicht. Es ist nur ein *mikroskopisches* Praktikum; die Gärungsphysiologie und Gärungschemie wird zu kurz berührt, um alles das zu bieten, was der Brauer wissen muß. Sodann ist es auch nur ein *Praktikum*, eine Beschreibung der Kultur und Beobachtung von Gärungsorganismen, nicht aber ein Lehrbuch der Gärungsorganismen. Eins aber fehlt, was man von einem so umfangreichen Praktikum der Brauereiorganismen erwarten sollte, nämlich die Betriebskontrolle. Nachdem alle in Frage kommenden Organismen und alle Einzelheiten der mikroskopischen Technik und der Kulturmethoden so gründlich durchgesprochen sind, hätte die Betriebskontrolle, die doch beim Brauer das Endziel des mikroskopischen Unterrichts ist, auf verhältnismäßig kleinem Raume beigefügt werden müssen. Dies wird der Brauer, der das Buch nach seinem Titel kauft, erwarten, und er wird enttäuscht sein, wenn er es nicht findet.

Der Verfasser hat zielbewußt etwas Neues geschaffen; er hat nicht die Zahl der Lehrbücher um eines vermehrt, sondern hat etwas geboten, was es bisher nicht gab. Wenn Referent in manchen Punkten anders denkt als Verfasser, so ist das gerade bei einer Neuschaffung nicht verwunderlich, und dies soll auch den Wert des neuen Gedankens nicht beeinträchtigen.

Otto Rahn, Kiel.

Molisch, H., Mikrochemie der Pflanze. Dritte, neubearbeitete Auflage. Jena, G. Fischer, 1923. IX, 438 S. und 135 Abbildungen im Text. 16 × 24 cm. Preis 8 Goldmark.

Wenn die zweite Auflage dieses Werkes, das 1913 zum ersten Male erschienen war, erst 1921 herauskam, so ist das infolge der welterschütternden Ereignisse in der Zwischenzeit, in der namentlich die Wissenschaften schwer darniederlagen, ohne weiteres verständlich.

Daß aber schon zwei Jahre nach dem Erscheinen der zweiten Auflage, in einer Zeit, in der die Not unseres deutschen Volkes eine furchtbare Höhe erreicht hat, eine dritte Auflage sich als notwendig erwies, ist für den inneren Wert dieses Werkes mehr als alles andere bezeichnend und gleichzeitig auch so trostreich. Es ist ein sicheres Zeichen, daß trotz der großen, materiellen Entbehrungen der Gegenwart wissenschaftlich weiter gearbeitet wird und daß die Sehnsucht nach vollwertiger geistiger Nahrung nicht minder groß ist wie nach Brot. Einem Volke, das unter solchen überaus schwierigen Verhältnissen noch so intensiv geistig arbeiten kann, braucht um seine Zukunft nicht bange zu sein.

Molisch hat diese neue Auflage in Japan besorgt. Er folgte vor ungefähr 14 Monaten einem ehrenhaften Rufe der japanischen Regierung, um in Sendai in zwei Jahren ein neues großes Institut für Pflanzenphysiologie einzurichten. In dieser außergewöhnlichen Umgebung, die ihm eine Fülle neuer Anregungen für wissenschaftliche Arbeiten bietet, hat *Molisch* in gewohnter gründlicher Weise die Neubearbeitung seiner Mikrochemie durchgeführt. Wenn man nur die den einzelnen Abschnitten angefügte Literatur überblickt, so muß man staunen über die Menge der verwendeten Forschungen. Dabei ist die große Sorgfalt des Verfassers zu bewundern, der diese Resultate nicht als gegeben aufnahm, sondern sie auch stets auf ihre Richtigkeit prüfte. Keine Arbeit mikrochemischen Charakters ist unbeachtet geblieben, die in den letzten Jahren erschienen ist. Ich erwähne nur den histochemischen Nachweis der Flavone, das Volutinvorkommen in höheren Pflanzen, Silberreduktion in Chlorophyllkörnern, Nachweis und Verbreitung des Rhinanthins u. v. a.

Daß *Molisch* selbst durch eigene Arbeiten in hervorragender Weise beteiligt ist, ist bei seiner besonderen Vorliebe für dieses Gebiet selbstverständlich. So möge denn dieses vortreffliche Werk zum dritten Male in die Welt gehen und allen denen ein treuer Freund und Berater sein, die das Leben der Pflanzen wissenschaftlich durchforschen oder praktische Fragen über die Beschaffenheit der Lebensmittel aus dem Pflanzenreiche zu beantworten haben.

A. Nestler, Prag.

Pringsheim, H., Die Polysaccharide. Zweite völlig umgearbeitete Auflage. Berlin, Julius Springer, 1923. IV, 234 S. 14 × 21 cm. Preis geh. 7,50, geb. 9,— Goldmark.

Pringsheim hat seine Monographie der Polysaccharide in völlig neue Form gegossen. Das ehemalige Bändchen von kaum mehr als 100 Seiten hat sich reichlich verdoppelt, und mit dem Umfang hat sich auch der gegebene Stoff verändert. Früher hatte die erste Sichtung damaliger Kenntnis hochmolekularer Polysaccharide nur eine recht bescheidene Ausbeute an eindeutigen Ergebnissen liefern können. Jetzt kann schon eine bei aller Kürze systematische Schilderung des Gebiets, aufgebaut auf den sicheren Grundlagen der Chemie einfacher Zucker, versucht werden. Naturgemäß steht dabei jener Arbeitskreis im Mittelpunkt, dem *Pringsheims* eigene erfolgreiche Experimentaltätigkeit angehört. Aber darin liegt auch gerade der Reiz dieser Darstellung. Wir möchten sie als das Bekenntnis eines mitten in der Arbeit stehenden Forschers betrachten, einen Bericht zugleich und ein Programm, eine lebendige Schilderung, der glücklicherweise jeder Ton vertrockneter Gelehrsamkeit ferngeblieben ist.

Der erste Blick in das Buch zeigt uns schon, wieviel seit der ersten Auflage geschehen ist. Die damals noch mit einer gewissen Zurückhaltung für die Struktur der Stärke geäußerte Ansicht ist jetzt ganz allgemein auf die hochmolekularen Polysaccharide übertragen und zum roten Faden der ganzen Betrachtung gemacht worden: daß nämlich dem Molekül komplexer Polysaccharide ein verhältnismäßig einfacher zuckerähnlicher Körper zugrunde liege, durch dessen Polymerisation erst das hochmolekulare Kohlehydrat entstanden gedacht wird. Während für die Cellulose die Natur dieses Grundkörpers noch ganz strittig ist, betrachten viele Forscher, vor allem *Pringsheim* und *Karrer*, die Frage für die Stärke als weitgehend geklärt. Hier werden die sogenannten „Amylosen" als elementares Prinzip angesehen, jene Anhydride niedriger Polysaccharide, die vom Bacillus macerans auf Stärkenährboden erzeugt werden. *Karrer*, dem die hier vertretene Richtung der Kohlenhydratchemie sehr viel zu danken hat, sieht als Grundkörper der Stärke die sogenannte Diamylose an, ein Maltoseanhydrid. Im Gegensatz dazu spricht sich *Pringsheim* in eindringlicher Darlegung entschieden für das Dominieren der Dreizahl im Grundkörper des Amylopektins aus, das den Hauptteil der gewöhnlichen Stärke ausmacht. Man darf gespannt sein, wie dieser Befund in Übereinstimmung gebracht werden kann mit der neuesten Beobachtung desselben Forschers, daß Stärke zu 100 % in Maltose übergeführt werden kann.

Von den Amylosen ist die Diamylose am besten erforscht. Ihre nahe Beziehung zur Maltose steht über jedem Zweifel. Sie ist ein Anhydrid dieses Disaccharids. Ihre restlose Strukturaufklärung dürfte nur noch eine Frage kurzer Zeit sein, und auch die

anderen „Amylosen“ sollten mit Hilfe unserer heutigen Methoden prinzipiell klarzulegen sein. Viel unklarer sind die Beziehungen der Amylosen nach der anderen Seite, zur Stärke. Leider fehlt es ja noch immer an einem ganz bündigen Beweis, daß die Amylosen in der genetischen Reihe zwischen dem einfachen Zucker und der komplexen Stärke stehen und wirklich deren Grundkörper vorstellen. Die merkwürdige Tatsache, daß die Amylosen gegen die stärkespaltenden Fermente widerstandsfähig sind, hat noch keine befriedigende Erklärung gefunden. *Pringsheim* weist ausdrücklich — und das ist ein besonderer Vorzug seiner Darstellungsweise — auf alle diese Unsicherheiten der heutigen Anschauungen hin. Wenn wir z. B. bei ihm die komplizierten Polysaccharide definiert finden als „Polymerisationsprodukte eines elementaren Grundkörpers, der durch Nebenvalenzen zusammengehalten wird“, so weist *Pringsheim* doch auch zugleich mit aller Deutlichkeit darauf hin, was einer solchen Anschauung noch an Klärung fehlt und in welcher Richtung sich die weitere Forschung zu bewegen hat: Es muß erst noch festgestellt werden, was unter dem mystischen Begriff der Polymerisation in unserem Falle eigentlich zu verstehen ist. In Wirklichkeit sagt dieses Wort ja nur aus, daß das Polymere (hier die Stärke, Cellulose usw.) in seiner Molekulargröße ein Vielfaches eines gleichzusammengesetzten einfacheren Grundkörpers ist. Über das strukturelle und sonstige Verhältnis der Stärke zu den Amylosen sagt der Begriff der Polymerie in seiner gegenwärtigen Form an sich nichts aus. Erst der Zusatz, daß die polymere Stärke direkt aus den Amylosen als Grundkörpern aufgebaut sei, die durch Nebenvalenzen zusammengehalten sein sollen, versucht hier etwas größere Klarheit zu schaffen. Mit welchem Erfolg? Das hängt ganz davon ab, was sich der einzelne unter „Nebenvalenzen“ vorstellen mag. Sollen damit hier Valenzen bezeichnet werden, die etwas Nebensächliches sind, deren Betätigung das innere Gefüge des Grundkörpers wenig verändert? Oder will man annehmen, daß durch die Wirksamkeit der Nebenvalenzen die ursprünglichen Hauptvalenzen der Amylosen in ihrer Art und Anordnung weitgehend verändert werden? *Pringsheim* neigt mehr zu der zweiten Auffassung und vergleicht die Polymerisation des Grundkörpers mit der Bildung von Komplexverbindungen. Damit proklamierte er am Ende die Aufgabe, die struktuelle Anordnung der Haupt- und Nebenvalenzen in diesen Komplexen festzulegen genau so, wie *Alfred Werner* sich in seinen klassischen Arbeiten die Strukturaufklärung anorganischer Komplexe zur Aufgabe machte. Ein solches Programm wird freilich erst dann eine ausreichende Grundlage haben, wenn der genetische Zusammenhang zwischen Amylosen und Stärke, allgemeiner gesagt zwischen dem elementaren Grundkörper und dem Polysaccharid im einzelnen Fall klargelegt ist.

Als systematische Vorbereitung hierfür ist die Einleitung des Pringsheimschen Buches zu betrachten, in welcher die strukturchemischen Elemente der Zucker in allgemeiner Form durchgesprochen werden. Sie findet ihre vorläufige praktische Anwendung im ersten Hauptteil bei Besprechung der Synthese und Konstitutionsbestimmung von Disacchariden und einfachen Polysacchariden. Der zweite Hauptteil bringt dann die Schilderung der komplexen Kohlehydrate (speziell von Cellulose, Stärke, Glykogen und Inulin) in chemischer und biologischer Hinsicht, um schließlich wieder zum Hauptproblem zurückzuführen: der Frage nach ihrer Konstitution.

All dies wird, ohne auf allzu viele praktische Einzelheiten dieses tatsachenreichen und schwer zu übersehenden Gebiets einzugehen, nur unter Betonung des allgemein Interessanten und Wesentlichen auf verhältnismäßig sehr schmalem Raum behandelt. Daß es *Pringsheim* trotzdem gelingt, den Leser in der angenehmsten Form mit den grundlegenden Problemen der Polysaccharidchemie bekanntzumachen und ihn zu weiteren Gedanken anzuregen, wird seinem Buch einen großen Leserkreis sichern. Wir möchten es jedem, der sich für die moderne Chemie der Cellulose und Stärke, des Glykogens und Inulins interessiert, angelegentlichst empfehlen. Dankbar wäre der Leser gewesen, wenn ihm das Wesen der Röntgenanalyse solcher hochmolekularen Stoffe, der wir schon jetzt entschiedene Erkenntnisse auf dem Cellulosegebiet verdanken und die berufen erscheint, den Fortschritt auch weiterhin maßgebend zu beeinflussen, etwas eingehender dargelegt worden wäre. Dafür wird zweifellos eine spätere Auflage Gelegenheit geben.

Nicht verschweigen will der Referent, daß er mit verschiedenen nomenklaturtechnischen Vorschlägen nicht einverstanden ist, die in dieser zweiten Auflage zum erstenmal auftauchen und dem Fortschritt unserer Erkenntnis Rechnung tragen wollen. Auch sie weisen noch die Kennzeichen eines in lebhafter Entwicklung befindlichen Wissenszweiges auf.

M. Bergmann, Dresden.

Stoermer, R., Die Oxydations- und Reduktionsmethoden der organischen Chemie. Handbuch für die praktischen Arbeiten im Laboratorium. Zweite Auflage. Leipzig, Georg Thieme, 1922. XV, 418 S. 17 × 26 cm.

Die verschiedenen Verfahren der Oxydation und Reduktion gehören zu dem klassischen Rüstzeug des präparativen Chemikers wie des Analytikers, der sich bemüht, ein Naturprodukt oder ein künstlich erhaltenes auf seine chemische Konstitution zu untersuchen. Soweit nicht schon einfache hydrolytische Versuche zum Ziele führen, muß fast immer der Oxydations- oder Reduktionsversuch herhalten. Sei es, daß dabei unter Entfernung accessorischer Gruppen der einfachere Grundkörper erhalten wird oder zumindest das Bruchstück eines Grundskeletts herausgeschält werden soll, oder daß durch gelinde Veränderung einzelner Gruppen ein neuer Stoff mit so spezifischem Verhalten erzielt wird, daß aus seinem Vergleich mit dem Ausgangsstoff auf dessen Bau zurückgeschlossen werden kann. Auf der Beherrschung solcher Methoden beruht ein wesentlicher Teil des Erfolges unserer großen Experimentatoren. Aber mit der Verfeinerung unserer theoretischen Fragestellungen haben auch die Laboratoriumsverfahren eine immer stärkere Komplikation und Abstufung ihrer Wirkungsweise erfahren. Die Schaffung von Handbüchern, welche den Überblick über die bisher erfolgreich verwandten Methoden erleichtern, ist für uns heute eine schwer entbehrliche Notwendigkeit geworden. Sie sollen nicht dazu dienen, die Gefahr des handwerksmäßig-schematischen Operierens nach dem Vorbild alter Verfahren zu fördern. Die erfolgreiche Anwendung eines Verfahrens und seine Anpassung auf das spezielle Problem wird doch immer Frage des persönlichen chemischen Geschmackes und Feingefühls bleiben. Aber Werke wie das Handbuch *Stoermers* bedeuten eine nicht zu überschätzende Ersparnis beim Aufsuchen der einschlägigen Originalliteratur, bei der Auswahl unter den möglichen Arbeitsverfahren und dem Entwurf neuer Versuche.

Die Anordnung des Stoffes ist bei *Stoermer* dem praktischen Bedürfnis vorzüglich angepaßt. Zunächst

ist das Material geordnet nach speziellen chemischen Reaktionen, d. h. nach den Gruppen, die umgewandelt werden sollen, und den neuen Gruppen, die man dabei zu erhalten wünscht. Das ist ganz die Fragestellung, wie sie beim Arbeiten tatsächlich an uns herantritt. Denn wenn wir bei der praktischen Arbeit sind, interessiert es uns weniger, eine wissenschaftliche Abhandlung zu lesen über alle möglichen Anwendungsverfahren eines bestimmten Reagens in den verschiedensten Fällen. Wir wollen vielmehr erfahren, welche verschiedenen Stoffe bisher benutzt worden sind, um die von uns beabsichtigte Reaktionsfolge durchzuführen. Die Stoffanordnung nach Reaktionen nimmt den Hauptteil des Buches ein. In diesen reichhaltig und gut ausgewählten Text sind in großer Anzahl Vorschriften zur Darstellung wichtiger Reagenzien eingestreut. Am Schluß der beiden Kapitel, welche die im Titel genannten Reaktionsgruppen umfassen, finden sich tabellarische Übersichten der im Text behandelten Oxydations- und Reduktionsmittel mit genauer Angabe aller einzelnen Textstellen, an denen sie erwähnt wurden. Diese Tabellen ersetzen bis zu einem gewissen Grad eine systematische Aufzählung aller Anwendungsformen und Wirkungsmöglichkeiten jeder einzelnen chemischen Substanz, die für Reduktions- oder Oxydationszwecke zur Anwendung kommt.

Wir dürfen das Handbuch *Stoermers* als eine sehr wertvolle Ergänzung zu dem ausgezeichneten Werk von *H. Meyer* über Analyse und Konstitutionsermittlung organischer Verbindungen betrachten, das ja anders geartete Ziele verfolgt. Auch das Buch *Stoermers* sollte in keinem Laboratorium fehlen, in welchem organisch-chemisch gearbeitet wird. *M. Bergmann, Dresden.*

Marcusson, J., Die Untersuchung der Fette und Öle. Zweite Auflage des Laboratoriumbuchs für die Industrie der Fette und Öle. Halle a. S., Wilhelm Knapp, 1921. X, 126 S., 20 Abbildungen und 22 Tabellen. 17 × 24 cm.

Wenn auch der Titel der zweiten Auflage geändert ist, so ist doch der Charakter des Buchs im wesentlichen derselbe geblieben. Bei der Bearbeitung sind die nicht unwesentlichen Erfahrungen des seit Erscheinen der ersten Auflage verflossenen Jahrzehnts mitberücksichtigt. Es ist in mancher Hinsicht ein Vorzug des Buchs, daß es nur eine kritische Auswahl möglichst weniger bewährter Untersuchungsmethoden darstellt. Von Vorteil ist diese Beschränkung, ganz abgesehen von der Preisersparnis, insbesondere für den, der dem behandelten Gebiet ferner steht und sich rasch orientieren will. Wie bei der Sachkenntnis des Verfassers nicht anders zu erwarten, ist die Auswahl gut getroffen. Natürlich ist sie gleichwohl eine subjektive, und wer sich eingehender informieren möchte, wird daneben die umfassenderen Handbücher nicht vermissen wollen. Nicht behandelt ist z. B. die Analyse der Türkischrotöle und anderer sulfurierter Öle. Bei der Wasserbestimmung ist nur das Xylolverfahren des Verfassers erwähnt, das zwar einwandfreie Resultate gibt und bequem auszuführen ist, jedoch 20—100 g Substanz erfordert, eine Menge, die auch im Industrielaboratorium nicht immer zur Verfügung steht. Ein sinnstörender Druckfehler sei erwähnt unter Ricinusöl S. 21: Die leichte Löslichkeit in Benzin; es muß natürlich heißen: in Alkohol. — Vereinzelte kleine Mängel vermögen selbstverständlich dem hohen Wert des Buches in keiner Weise Abbruch zu tun, und es wird ebenso wie die erste Auflage viele Freunde finden.

E. Immendörfer, Dresden.

Fahrion, W. †, Die Härtung der Fette. Zweite, vollständig umgearbeitete Auflage. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1921. 190 S. und 5 eingedruckte Abbild. 14 × 22 cm.

Während die erste Auflage die Literatur nur bis Ende 1914 berücksichtigt hatte, umfaßt die zweite noch die Veröffentlichungen bis Ende Februar 1921, und damit eine Periode, die unter dem Druck des Krieges Erfahrungen gebracht hat, welche die Möglichkeiten auf dem Gebiet der Fetthärtung weitgehend geklärt haben.

Der Inhalt ist in vier Hauptabschnitte gegliedert: 1. Hydrierung von Fettsäuren und Fetten vom wissenschaftlichen Standpunkt, eine sorgfältige Zusammenstellung aller einschlägigen Veröffentlichungen von den grundlegenden Arbeiten *Sabatiers* und *Senderens* bis zu den neueren Arbeiten *Willstätters.* Der 2. Abschnitt bringt eine ausführliche Darstellung der technischen Härtungsverfahren. Interessant ist nicht nur vom chemischen, sondern auch vom volkswirtschaftlichen und vom patentrechtlichen Standpunkt die Übersicht über die Entwicklung und die inneren Zusammenhänge besonders der Verfahren von *Normann, Erdmann* und *Wilbuschewitsch.* Beachtung verdient auch die hier eingefügte kritische Darstellung der verschiedenen großtechnischen Verfahren der Wasserstoffgewinnung. Im folgenden Abschnitt werden die Eigenschaften der gehärteten Fette behandelt, im vierten die Bedeutung der Fetthärtung für die verschiedenen Zweige der Industrie gewürdigt. *Fahrion* kommt zu dem Schluß, daß die Fetthärtung, deren Bedeutung anfänglich in Deutschland nicht erkannt, später eine Zeitlang unterschätzt wurde, ihren Wert zur Regulierung des Fettmarkts immer behalten werde. — Das Buch bedarf bei den engeren Fachgenossen keiner Empfehlung, es ist über deren Kreis hinaus jedem, der sich auf dem Gebiet der Hydrierung orientieren will, bei seiner gründlichen und übersichtlichen Behandlung des Stoffs ein wertvolles Hilfsmittel.

E. Immendörfer, Dresden.

Botanische Mitteilungen.

Die Probleme der Biologie der Thermen. Kaum eine Pflanzengesellschaft stellt uns vor so viele Fragen nach der verschiedensten Richtung als die Flora der Thermen. Stehen wir doch vor der auffälligen Tatsache, daß Temperaturen von 85°, nach manchen Autoren sogar von 93° vertragen werden, Temperaturen, bei denen das Eiweiß anderer Organismen längst gerinnt. Es sind vor allem Cyanophyceen, die solche Extreme aufuchen, dann absteigend Diatomeen, Desmidiaceen, Grünalgen und nur ganz ausnahmsweise Blütenpflanzen. So konnte *Vale Vouk*, der zusammenfassend über die Verhältnisse berichtet, Isnardia palustris noch in Wasser von 41° wachsend beobachten (Intern. Rev. d. ges. Hydrobiol. 1923). Natürlich ist der Charakter der Vegetation von der Temperaturlage der Therme abhängig. Damit steht es auch im Zusammenhang, daß in den Abflußgräben parallel mit dem Sinken der Temperatur ein ständiger Wechsel der Leitformen zu verzeichnen ist. So fand *Vouk* bei einer Thermalquelle in Kroatien als Charakterpflanzen: bei 53—49° Mastigogladus laminosus, bei 49—45° Oscillaria formosa, bei 45—40° O. tenuis und bei 40—35° O. brevis. Man

kann nun die Bewohner der Thermen gliedern in solche, die nur bei hoher Temperatur gedeihen, also „stenotherm“ sind — für diese schlägt *Vouk* die Bezeichnung thermal vor — und solche, die auch in kalten Süßwässern verbreitet sind, also eine weite Amplitude der Temperatur gegenüber besitzen („eurytherme“ Formen); diese bezeichnet *Vouk* als termophil. Es hat sich nun die auffällige Tatsache gezeigt, daß viele thermale Arten trotz der Seltenheit geeigneter Standorte, also mit gewaltigen Areallücken, über die ganze Erde verbreitet sind. Man hat zur Erklärung die Hypothese aufgestellt, daß diese thermalen Arten uralte Formen sind, die aus einer Zeit stammen, da die ganze Erdoberfläche vulkanischen Charakter trug und mit Thermen übersät war; damals besaßen sie dichteste Verbreitung, erst sekundär ist ihr Areal zerstückelt worden und jetzt sind sie auf wenige Reliktstandorte beschränkt. Die Hypothese ist experimentell schwer angreifbar. Wenn es sich herausstellen würde, daß thermale Arten fakultativ noch in niederer Temperatur zu gedeihen vermöchten, dann würde einer in der Gegenwart sich abspielenden Verschleppung durch Wasser über weite Strecken nichts im Wege stehen, dann brauchte man auch nicht auf jene paläozoische Entstehung zurückgreifen, könnte also in den Thermalformen junge Standortsvarietäten erblicken. Nun gibt tatsächlich *Löwenstein* an, Mastigocladus laminosus in künstlicher Kultur an Temperaturgrade von 5—30 ° angepaßt zu haben derart, daß die Organismen sich ganz normal entwickelten. *Vouk* selbst konnte diese Erfahrungen nicht bestätigen, immerhin konnte auch er feststellen, daß diese Art, mehrere Monate in Wasser von niederer Temperatur gehalten, ihre Lebensfähigkeit nicht verliert. Aber auch das genügt ja schon, um einen längeren Transport zu ermöglichen, und somit liegt in dem gegenwärtigen Verbreitungsbild an sich keine Nötigung zur Annahme der Reliktentheorie. Schließlich ist es ja auch nicht ganz von der Hand zu weisen, daß ein und dieselbe thermale Form sich gleichzeitig an verschiedenen Standorten aus ein und derselben weitverbreiteten Ausgangsform entwickelt hat.

Postglaciale Klimaänderungen in Mitteleuropa. In einer großangelegten Arbeit suchen *Gams* und *Nordhagen* (Landeskundl. Forschungen, München, H. 25, 1923) dem Problem des postglacialen Klimas auf Grund paläobotanischer und paläozoologischer Tatsachen, vor allem aber durch möglichste Auswertung der stratigraphischen Verhältnisse und unter weitgehender Berücksichtigung der Kulturreste aus vorgeschichtlicher und geschichtlicher Zeit nahezukommen. Sie bringen nicht nur eine Fülle von eigenen Beobachtungen, die sich vor allem auf das bayerische Gebiet erstrecken, sondern sie ziehen auch in größtem Umfange die Erfahrungen heran, die auf europäischem Boden und in benachbarten Gebieten des Orients gewonnen worden sind, und gelangen auf diese Weise zu einem Bild, das wesentlich bestimmter ist als jenes, das sich auf dem internationalen Geologenkongreß in Schweden (1910), der sich mit derselben Frage beschäftigte, ergeben hat, und das in seinen wesentlichen Zügen eine Bestätigung der von *Sernander* weiter entwickelten Blyttschen Theorie der wechselnden kontinentalen und ozeanischen Klimate darstellt. Aus dem zusammenfassenden Überblick, den die Verfasser am Schluß liefern, ergeben sich folgende Richtlinien: Auf die arktische und subarktische Periode, in der die arktisch-alpine Dryasflora mit Gletscherweiden usw. auch in den tieferen Regionen herrschte, folgt die boreale Periode. Sie ist charakterisiert durch den Rückgang der Gletscher, durch die Ausbreitung der Kiefer und der Birke in dem bisher baumfreien Gebiet, durch die Austrocknung der Moore, die sich daran zu erkennen gibt, daß über dem Torf Stubbenschichten erscheinen und durch die Ablagerung von Löß, der ein Aussiebungsprodukt aus Moränen darstellt und auffällig gewissen Sedimenten gleicht, die jetzt in Steppengebieten vom Wind abgesetzt werden. Alle diese Momente deuten auf ein kontinentales Klima hin, das wenigstens im weiteren Verlauf auch etwas wärmer war als das gegenwärtige. Dafür kann man das Vordringen der edleren Laubbäume (Eiche, Linde) geltend machen sowie das Vordringen wärmeliebender Wasserpflanzen wie Trapa (Wassernuß) bis ins südliche Skandinavien. In der darauf folgenden atlantischen Periode wurde das Klima ozeanisch. Atlantische Pflanzen, wie Epheu, Eibe und Tanne, breiten sich aus, desgleichen atlantische Schnecken. Entsprechend der größeren Feuchtigkeit kommt es zu mächtigen Tuffbildungen; in den Mooren gelangt der jüngere Sphagnumtorf zum Absatz. In trockenen Gegenden dominiert die Kiefer, in feuchten wird die Eiche der herrschende Waldbaum. Im Alpenvorland erlangt die Tanne große Verbreitung. In den Alpen stoßen die Gletscher wieder vor (Gschnitzstadien). Nach den Kulturresten läßt sich schon eine ungefähre zeitliche Datierung vornehmen. Die Verfasser geben ca. 5000 bis 3500 v. Chr. an, eine Periode, der in Ägypten schon die vordynastische Phase und die erste und zweite Dynastie angehören. — Es folgt die subboreale Zeit, die wieder trocken und heiß war. Gegenüber der Gegenwart wird an den vorgeschobenen Nord- und Gebirgsgrenzen gewisser Pflanzen ein Temperaturplus von 2° C berechnet. Viele Seen in der Schweiz, in England, in Skandinavien usw. zeigen Spiegelsenkungen; in den trockengelegten Tuffen machen sich Verwitterungserscheinungen bemerkbar; in den Torfmooren tritt der bekannte, meist durch Waldtorf charakterisierte Grenzhorizont auf, der älteren und jüngeren Sphagnumtorf scheidet. Jüngster Löß gelangt zur Ablagerung, Dünenbildung ist im Gang. Einjährige wärmeliebende Wasserpflanzen wie Najus und Trapa erobern ein weites Areal. In höheren Alpenlagen blüht der Bergbau (Hallstatt); in Kulturschichten wird der mehr Wärme erfordernde Getreidebau gegenüber der Viehzucht begünstigt. Viele Kulturpflanzen erscheinen im höheren Norden. Dieser Phase gehört das Neolithikum, die Bronzezeit und die Hallstattzeit an. Sie läßt sich etwa umgrenzen durch das Intervall: 3500—850 v. Chr., reicht also bis in die 20. ägyptische Dynastie. Im Orient verursacht die Trockenheit Hungersnöte (Auszug Abrahams). — Die subboreale Zeit wird abgelöst durch die subatlantische. Das Klima ist zunächst wieder ozeanisch. Höhen- und Nordgrenzen der Pflanzen erleiden einen Rückgang; der Grundwasserspiegel steigt, die Moore wachsen; der jüngere Sphagnumtorf wird gebildet. Die Tuffbildung ist wieder in vollem Gange; wir treffen in ihnen Schnecken, die auf kühles Klima hinweisen (Limnaea mucronata, Valvata alpestris, Planorbis gredleri usw.). Die Gletscher stoßen vor, der Bergbau geht in den Alpen zurück (Daunstadium) Die Seen steigen an und die Pfahlbauten werden vernichtet. Föhre, Eiche, Hasel gehen zurück; die Buche erlebt ihr Maximum. So sind die Verhältnisse in der ersten Phase (ca. 850—120 v. Chr.); es finden mannigfache weitere Oszillationen statt, die sich in Völkerverschiebungen (Völkerwanderung, Wickingerfahrten usw.), in Angaben über Trocken- und Regenperioden, Heuschreckenplagen usw. widerspiegeln und allmählich zur Gegenwart hinüberleiten.

Dieses Gesamtbild enthält noch manches Hypothetische, und an verschiedenen Stellen wird man noch skeptisch sein. Indessen verdient es als weitausgreifend angelegter Versuch, das gesamte europäische Postglacial von einer einheitlichen Warte aus zu betrachten, dringliche Beachtung und ist zweifellos von nicht zu unterschätzendem heuristischen Wert.

Zur Biologie der Blütenöffnung geben *A. Davy de Virville* und *F. Obaton* einen neuen Beitrag (Rev. gén. d. Bot. *35*, 1923). Hinsichtlich ihres Öffnungsrhythmus werden zunächst die verschiedenen Blüten in folgende Typen gegliedert: nicht meteorische Blüten, die dauernd geöffnet bleiben (Campanula) und meteorische Blüten, die sich öffnen und schließen. Diese meteorischen Blüten zerfallen wieder in zwei Kategorien: persistierende, die sich wiederholt öffnen und schließen, und ephemere, die mit ihrer eintägigen Dauer nur einen einmaligen Rhythmus aufweisen. Sowohl die persistierenden Blüten wie auch die ephemeren lassen sich untergliedern in Tagblüher (Erythraea bzw. Helianthemum) und Nachtblüher (Lychnis dioica bzw. Oenothera). Der Öffnungsrhythmus der meteorischen Blüten ist nun in hohem Maße von den Außenbedingungen abhängig; als maßgebende Faktoren werden in der Literatur in erster Linie Licht, Wärme und Feuchtigkeit angegeben. Die Verfasser haben nun ein paar Vertreter aus jeder Kategorie herausgegriffen und durch messende Beobachtungen im Freien die Öffnungskurven konstruiert auf Grund von Mittelwerten, die sich immer auf eine größere Anzahl von Blüten beziehen. Gleichzeitig wurden die Kurven für den Gang der Temperatur, der Lichtstärke und der Luftfeuchtigkeit registriert. Es ergab sich, daß Öffnen und Schließen in erster Linie von der Temperatur abhängig sind. Die beiden entsprechenden Kurven zeigen den schönsten Parallelismus, während ein solcher bei Licht- und Feuchtigkeitskurven nicht zutage tritt. Tagblüher und Nachtblüher verhalten sich invers, in der Weise, daß bei jenen das Öffnen durch Temperaturanstieg, das Schließen durch Temperaturabfall erzeugt wird, während bei den Nachtblühern die Phasen gerade verschoben sind. Die Abhängigkeit von der Temperatur tritt bei den ephemeren Blüten viel deutlicher zutage als bei den persistierenden. Durch tiefe Temperaturen kann das Öffnen bei Tagblühern auch bei günstigen Lichtverhältnissen gänzlich unterdrückt werden. Ganz allgemein läßt sich sagen, daß das Öffnen und Schließen nicht von bestimmten absoluten Temperaturgraden bestimmt ist, sondern daß eine deutliche Anpassung an die jeweils herrschende Temperaturlage zu verzeichnen ist. Außerdem nimmt die Abhängigkeit von der Temperatur mit fortschreitender Saison ab. Ungünstige Verhältnisse können ephemere Blüten zu persistierenden machen, die dann bis zum Eintritt geeigneter Temperatur geschlossen bleiben. Bei Lychnis diurna sind die weiblichen Blüten für Temperaturschwankungen weniger sensibel als die männlichen. Das bei der Sonnenfinsternis am 8. April 1921 zu verzeichnende Schließen der Blüten kann ohne Zuhilfenahme der Lichtverhältnisse einzig aus dem Temperaturabfall erklärt werden. Zusammenfassend kommen die Verfasser zu dem Schluß, daß das Öffnen und Schließen vorwiegend ein Ausdruck der Temperaturschwankungen und ein Einfluß von Licht und Feuchtigkeit kaum merkbar ist. Daß das in den geschilderten Versuchen zutrifft, daß hier tatsächlich die Wirkung von Licht und vielleicht auch von Feuchtigkeit durch die Temperaturentwicklung überlagert wird, kann zugegeben werden. Daß indessen eine bei Konstanthaltung der Temperatur sehr deutlich zutage tretende Abhängigkeit vom Licht existiert, die so weit geht, daß der Öffnungsrhythmus durch künstliche Belichtung in deutlicher Weise verschoben wird, haben die nicht zitierten Untersuchungen von *Jost* und *Stoppel* mit Sicherheit erwiesen. Auch die Angabe, daß es *Pfeffer* nicht geglückt wäre, den Einfluß von Licht und Wärme zu trennen, ist durchaus anfechtbar. Das tut indessen den positiven Befunden der Verfasser keinen Eintrag.

Die Systematik der Gattung Agauria ist der Gegenstand einer kleinen Mitteilung von *Perrier de la Bathie* (Rev. gén. d. Bot. *35*, 1923). Bisher waren von dieser baumartigen Ericaceengattung bloß 6 Arten bekannt, die im wesentlichen auf Madagaskar und das tropische Afrika beschränkt sind. Anläßlich der Revision von Herbarmaterial, das aus Madagaskar stammte, konnte nun Verf. feststellen, daß kaum ein Belegexemplar mit dem anderen übereinstimmte, so daß man eine Fülle von Arten hätte aufstellen können, und zwar liegen die Dinge im einzelnen so, daß zumeist jeder Standort seine besondere, scharf umrissene Form aufweist, während die Individuen ein und desselben Fundpunktes in der Regel völlig miteinander übereinstimmen. Nach der Auffassung des Verf. liegen hier kleine Arten bzw. Lokalrassen vor; und es scheint, daß die Gattung gerade in einem lebhaften Aufspaltungsprozeß begriffen ist. Beachtung verdient, daß sehr deutliche Beziehungen zwischen dem Standortscharakter und der Blattform bestehen: mit der Trockenheit der Luft und der Höhenlage nimmt die Blattfläche ab. Es muß weiterer Analyse anheimgestellt werden, zu ermitteln, wieviel von dieser Plastizität auf Konto von Standortsmodifikationen, wieviel auf erbliche Abänderung zu setzen ist.

Sind ultramikroskopische Organismen in der Natur verbreitet? In der pathologischen Literatur ist vielfach von ultramikroskopischen Organismen die Rede, deren Größe unterhalb der Sichtbarkeitsgrenze (ca. 0,25 μ) liegt. So werden die Erreger der Tollwut, der Maul- und Klauenseuche und der Hühnerpest unter den „Aphanozoen" (*Kruse*) gesucht. In neuerer Zeit gibt nun tatsächlich *Melin* an, solche ultravisible, durch die feinsten Filter diffundierbare Organismen aus dem Preßsaft von Humus dargestellt zu haben (s. Besprechung in dieser Zeitschrift). Bei der großen Bedeutung, welche dieser Frage zukommt, hat *Miehe* (Biol. Zentralbl. *43*, 1923) Aufgüsse von Fichten- und Buchenhumus, Komposterde, Faeces, Milch usw. mit derselben Methodik auf Ultramikroben untersucht. Die betreffenden Flüssigkeiten werden durch de Haensche Filter laufen gelassen und das Filtrat auf irgendwelche Symptome für die Anwesenheit von ultramikroskopischen Organismen geprüft: etwaige Vermehrung der Teilchenzahl pro Flächeneinheit, Gelatineverflüssigung, Opaleszenz usw. Das Resultat war durchaus negativ, abgesehen von vereinzelten Fällen, wo mikroskopische Organismen, nämlich Bakterien, nachgewiesen werden konnten, die aber bekannten Formen angehörten, z. B. Azotobacter; da nun Azotobacter normalerweise 5 μ Durchmesser besitzt, so gelangt *Miehe* zu der wichtigen Feststellung, daß Mikroorganismen offenbar vorübergehend in ultramikroskopische Zustände übergehen können; auf andere Weise kann die Passage des Filters nicht erklärt werden. Auf Grund seiner eigenen Versuche kam *Miehe* zu einer skeptischen Bewertung der Befunde von *Melin* und vertritt die Auffassung: „daß Ultramikroben in der freien Natur mindestens sehr selten sind". Somit stehen wir vor der bemerkenswerten Tatsache, daß mit der Sicht-

barkeitsgrenze im Mikroskop auch die Lebewelt erlischt — natürlich eine zufällige Koinzidenz! Das mag wohl damit zusammenhängen, daß bei noch kleinereren Dimensionen die Zahl der Eiweißmoleküle zu gering wird. So berechnet *Erréra* für Mikrokokken vom Durchmesser 0,1 μ 10 000, bei 0,05 μ 1000 und bei 0,01 μ nur noch 10 Moleküle Eiweiß von der Größe der Serumalbuminmoleküle. *Miehe* weist weiterhin noch darauf hin, daß die Dimensionen der kleinsten Lebewesen etwa in jenen Bezirk fallen, wo die Kolloidchemie Hydrosole von Suspensionen scheidet. Möglicherweise könnten auch die starken Oberflächenkräfte, die mit zunehmender Verkleinerung auftreten, einen schädlichen Einfluß auf den Ablauf der Lebensvorgänge ausüben.

Induzierter Phototropismus an Keimwurzeln. In einem früheren Jahrgang dieser Zeitschrift wurde über Versuche von *Metzner* berichtet, bei denen es gelang, Pantoffeltierchen (Paramaecien), die sich dem Licht gegenüber normalerweise neutral verhalten, durch Verbringen in schwache Lösungen von photodynamisch wirksamen Substanzen zu phototaktischen Reaktionen zu veranlassen („induzierte Phototaxis"), und zwar lagen die Verhältnisse folgendermaßen: Bei hoher Lichtintensität starben die Organismen ab, bei mittlerer Intensität schwammen sie von der Lichtquelle weg (negative Phototaxis) und bei niederer Intensität suchten sie das Licht auf (positive Phototaxis). *Metzner* hat nun neuerdings diese Versuche auf die Krümmungsreaktionen höherer Pflanzen ausgedehnt und gelangte dabei zu entsprechenden Ergebnissen (Ber. d. D. Bot. Ges. 1923). Wurzeln von Hafer, Rettich und Kresse, die ebenfalls dem Licht gegenüber indifferent sind, wurden in verdünnte Lösungen von Erythrosin und Rose bengale getaucht und die parallelwandigen Versuchskuvetten seitlich belichtet. Bei hoher Lichtintensität zeigten sich nun positive Krümmungen, die aber rein mechanisch bedingt waren, weil die Zellen auf der Lichtflanke abstarben; bei schwacher Lichtstärke dagegen traten negativ phototropische Reaktionen auf, die Zellen auf der Lichtflanke blieben turgeszent und zeigten keinerlei Schädigung. Rein positive Reaktionen bei noch weiterer Herabminderung des Lichtes blieben aus, doch verdient Erwähnung, daß — wie auch so häufig beim normalen Phototropismus — der negativen Krümmung eine positive vorherging. Die Versuche sind so zu deuten, daß das Licht auf der Lichtflanke die photodynamischen Substanzen derart verändert, daß im Organ eine Polarisierung der beiden opponierten Flanken gegeneinander eintritt, die dann ihrerseits eine Krümmungsreaktion auslöst. Es würde sich also um eine Art von „innerem Chemotropismus" handeln. Es ist nicht von der Hand zu weisen, daß beim normalen Ablauf des Phototropismus analoge Glieder in die Reizkette eingeschaltet sind, eine Auffassung, die auch darin eine Stütze findet, daß zwischen photochemischen und phototropischen Reaktionen mannigfache Analogien bestehen.

Dekapitation und geotropische Krümmungsfähigkeit von Sprossen. *Miehe* hat vor Jahren gezeigt, daß ein Knotenstück von Tradescantiasprossen eine geotropische Krümmung nur dann auszuführen vermag, wenn der darüberbefindliche Knoten, und zwar speziell dessen embryonales Gewebe, noch vorhanden ist. Es besteht hier eine enge korrelative Abhängigkeit. Schneidet man also eine Sproßspitze ab und legt den Sproß horizontal, dann erscheint eine Krümmung erst im zweiten Knotenstück. Wie Dekapitation wirken stärkere Einschnitte, welche offenbar den korrelativen Zusammenhang zerstören. Neuerdings hat *Margarete Schumacher* (Jahrb. f. wiss. Bot. 62, 1923) die Mieheschen Versuche nachkontrolliert und mit einigen Ergänzungen und Korrekturen im Kleinen in den wesentlichen Zügen bestätigt. Sie konnte auch zeigen, daß sich das Tausendblatt (Myriophyllum) ebenso verhält wie Tradescantia. Die Versuche ergaben, daß die verschiedenen Knoten vollständig unabhängig voneinander reagieren. Bringt man durch künstliche Verbiegung der Sprosse die einzelnen Knoten in verschiedene Reizlage, dann reagiert jeder selbständig, ohne den Nachbarknoten irgendwie in seinem Verhalten zu beeinflussen. An einem Knotenstück läßt sich eine obere Perzeptions- und eine untere Reaktionszone unterscheiden. Bloß die Lage des oberen Knotenteils ist entscheidend, ob eine Krümmung eintritt oder nicht; dagegen wird die Reaktion lediglich von der Knotenbasis vollzogen. Hält man das obere Knotenstück ständig in seiner Lage fest, so treten in der Knotenbasis Überkrümmungen ein, die hier wie anderwärts darauf beruhen, daß ja in diesem abnormen Falle die Knotenspitze nie in die normale Vertikallage gelangt, der Reiz also ständig weiterbesteht. Wachstumsmessungen an dekapitierten Sprossen ergaben eine fast vollständige Unterdrückung im nächsten intakten Knotenstück, und darauf ist das Ausbleiben geotropischer Reaktionen zurückzuführen: nicht das Perzeptionsvermögen, sondern das Reaktionsvermögen ist sistiert.

Über den Einfluß der Koleoptilspitze auf die geotropische Reaktion der Avenakeimlinge. Anschließend an seine früheren in dieser Zeitschrift besprochenen phototropischen Versuche dehnte *Brauner* seine Experimente auch auf die geotropischen Reaktionen von Haferkeimlingen aus (Ber. d. D. Bot. Ges. *41*, 1923). Es wurden drei Versuchsreihen angestellt: erstens wurden intakte Haferkeimlinge durch 10 Minuten dauerndes Horizontallegen geotropisch gereizt, mit dem Ergebnis, daß 87,9% der Serie negativ geotropische Reaktion zeigten; zweitens wurden dekapitierte Keimlinge in derselben Weise behandelt; die Zahl der Krümmungen ging auf 27,3% zurück; die dritte Serie unterschied sich von der zweiten dadurch, daß den dekapitierten Keimlingen nach Ablauf der Reizung die Spitze, die inzwischen in normaler vertikaler Lage gehalten worden war, wieder sekundär aufgesetzt wurde. Nunmehr stieg der Prozentsatz der Reaktionen wieder auf 72,7. Das heißt aber: geotropisch gereizte Stümpfe, die sonst sehr träg reagieren, können dadurch, daß ihnen eine ungereizte Spitze aufgesetzt wird, zu viel stärkeren Krümmungen veranlaßt werden. *Brauner* erklärt dies entsprechend wie beim Phototropismus folgendermaßen: durch die geotropische Reizung wird die Permeabilität auf den opponierten Reizflanken in verschiedenem Grad beeinflußt, was zur Folge hat, daß die Diffusionsgeschwindigkeit auf diesen beiden Flanken verschieden wird; die von der Spitze unter normalen Verhältnissen auf den Flanken mit gleicher Geschwindigkeit herabwandernden wachstumsregulierenden Substanzen dringen auf den bei der Horizontallage unten befindlichen rascher vor, infolgedessen wächst sie rascher: es resultiert eine von ihr abgekehrte Krümmung. *Brauner* weist auf Versuche von *Small* hin, die tatsächlich ergeben haben, daß durch geotropische Reizung die Permeabilität bei Bohnenwurzeln geändert wird, und stellt weitere eigene Daten in Aussicht. Die von *Brauner* geäußerten Vorstellungen stehen im Gegensatz zu solchen, die von *Paál* und *Stark* vertreten worden sind auf Grund von Experi-

menten, die gerade den reziproken Verlauf nahmen: einseitig belichtete oder sonstwie tropistisch gereizte Spitzen, die auf Stümpfe aufgesetzt wurden, veranlaßten diese zu einer entsprechenden Krümmungsreaktion. Das wurde so gedeutet, daß durch die einseitige Reizung auf der Reizflanke stoffliche Umsetzungen stattfinden, die nun auf dem Wege der Diffusion basalwärts fortschreiten und über die Schnittfläche weg natürlich auch in den Stumpf gelangen. Im Effekt laufen die beiden Deutungen auf dasselbe hinaus: es muß eine Polarität der Reizstoffe in dem reagierenden Organ entstehen, die im einen Fall durch Produktion (oder Zerstörung) besonderer Stoffe auf der Reizflanke, im andern durch ungleiche Diffusionsgeschwindigkeit sonst ringsum gleichmäßig abfließender Substanzen zustande kommt. *Brauner* ist sich der Schwierigkeiten bewußt, die es bietet, von seiner Warte aus die Paálschen und Starkschen Versuche zu erklären; dieselben Schwierigkeiten bestehen auch umgekehrt. Und so bedarf es speziell darauf hinzielender Experimente, um das noch widerspruchsvolle Bild zu klären. *Brauner* selbst weist auf die Möglichkeit hin, daß beide Deutungen einen Teil der sich in Wirklichkeit abspielenden Vorgänge erfassen. *Stark.*

Zoologische Mitteilungen.

Über eine „fremddienliche Zweckmäßigkeit" bei Insekten und ihre kausale Analyse. (*H. Prell*, Biolog. Zentralbl. *43*, 4, 1923.) Aus einem Bericht *Hartigs* aus dem Jahre 1837 war bekannt, daß die von der Schmarotzerfliege Ceromasia inclusa, einer Tachinenart, angestochenen Larven der Buschhornwespe Lophyrus beim Spinnen ihres Kokons an einer Stelle eine nur dünn übersponnene Öffnung freilassen, die von der parasitischen Fliege beim Ausschlüpfen benutzt wird. Nicht angestochene Larven verfertigen dagegen ein allseitig festumsponnenes Gespinst. Ebenso fehlt auch die Öffnung in den Gespinsten der Larven, die von einer anderen Tachinenart, Sturmia bimaculata, angestochen werden. Bei dieser Fliege bietet aber auch die Kokonwand kein Hindernis für das Ausschlüpfen, da sich die Made noch vor der Verpuppung durch den Kokon ins Freie bohrt. *Prell* fand die Angaben *Hartigs* bestätigt und versuchte diese merkwürdige „Sorge der Raupen für die in ihr lebenden Parasiten" kausal-analytisch zu erklären. Die Kokons fand er aus zwei Schichten bestehend, deren eine, innere, beim angestochenen Tier am ovalen Ende die erwähnte Öffnung hatte, die von einem nach innen vorspringenden dicken Kragen verklebter Fäden begrenzt wurde. Diese Kragenfäden, die offenbar normalerweise zum Verschließen der Öffnung gebraucht wurden, zeigten einen Weg zur Lösung des Problems. Bei der durchaus berechtigten Annahme, daß die Raupe durch den großen Parasiten in ihrem Innern in ihrer Bewegungsfreiheit gehemmt ist, läßt sich nämlich höchst wahrscheinlich machen, daß eine geringe „Nackensteifigkeit" den Verschluß der Öffnung am ovalen Ende unmöglich macht. Die für diese vorderste Region bestimmten Fäden werden dort befestigt, bis wohin die Raupe mit dem Kopf gelangen kann, und so entsteht statt des Verschlusses die Öffnung mit dem Kragen. Mithin ist die ganze Erscheinung keine Instinkthandlung der Raupe, sondern die Folge ihres durch den Parasiten bedingten Zustandes. Es wurde noch untersucht, warum dieser Zustand bei den von der anderen Tachinenart, Sturmia bimaculata, befallenen Raupen nicht auftritt. Hierfür ist der von den übrigen Tachinenlarven abweichende Entwicklungsgang der Sturmien in Betracht gezogen worden. Die Larven dieser Fliege bohren sich nämlich bald, nachdem sie (noch als Ei) in den Darm des Wirtes gelangt sind, in irgendein Organ des Wirtes ein und bleiben dort längere Zeit eingekapselt. So sind diese noch sehr kleinen Maden nicht imstande, die Bewegungen des Wirtes zu beeinflussen, und der Kokon wird demgemäß normal gesponnen werden.

Der Schluß der Arbeit bringt noch Untersuchungen über die biologische Gruppenzugehörigkeit der Ceromasia inclusa, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann.

On the crystalline style as a possible factor in the anaerobic respiration of certain marine molluscs. (*C. Berkeley*, Journ. of experim. Zool., *37*, Juli 1923.) Dem Kristallstiel, jenem merkwürdigen gallertigen Sekretionsprodukt im Magen der meisten Muscheln, wird in neuerer Zeit wohl ziemlich allgemein eine verdauende Funktion zugeschrieben. Es wurde festgestellt, daß er im Hunger verschwindet und daß er ein Kohlehydrat verdauendes Ferment enthält. *Berkeley* hat jetzt den Kristallstiel unter dem Gesichtspunkt untersucht, ob er vielleicht bei der anaeroben Atmung, zu der viele Muscheln befähigt sind, eine Rolle spielen könne. Er hatte in einer früheren Arbeit gezeigt, daß *Mathews* Annahme, der zur anaeroben Atmung benötigte Sauerstoff entstamme der Dissoziation des Wassers, unwahrscheinlich sei. Somit mußte die Quelle des O_2 anderswo gesucht werden, und es wurden die Extrakte verschiedener Gewebe von Saxidomus giganteus daraufhin untersucht, ob sie befähigt waren, Guajaktinktur zu oxydieren. Es zeigte sich hierbei, daß diese Fähigkeit in nennenswertem Maße nur dem Kristallstielextrakt zukam. Weitere Versuche zeigten, daß der Kristallstiel unter anaerobischen Bedingungen binnen acht Tagen verschwindet, während er bei Tieren, die unter sonst gleichen Bedingungen (in bezug auf *Nahrung* und Temperatur) in durchlüfteten Gefäßen gehalten wurden, stets vorhanden war. Verschiedene Variationen dieser Versuche hatten immer das gleiche Resultat. Die weitere Untersuchung der chemischen Eigenschaften des Kristallstielextraktes wies auf eine Zusammensetzung aus drei Komponenten von verschiedener Wirkung hin: Erstens eine Komponente, die Guajaktinktur, Paraphenylendiamin und Pyrogallol in Gegenwart von Luft, aber in Abwesenheit von H_2O_2 oxydiert und die durch Kochen zerstört wird; zweitens eine Komponente, die dieselben Verbindungen oxydiert in Anwesenheit von H_2O_2, nachdem der Extrakt gekocht wurde; drittens eine Komponente, die in *Abwesenheit von H_2O_2 oder Luft* Guajaktinktur oxydiert, aber nicht Paraphenylendiamin und Pyrogallol, und die durch Kochen zerstört wird. Diese letztere kommt für die anaerobische Atmung allein in Betracht. Die wirksame Substanz scheint aus einem oxydierenden Agens und einem Enzym zu bestehen, das befähigt ist, von dem ersteren O_2 wegzunehmen und ihn dem Körper zugänglich zu machen. Die weiter gefundene Tatsache, daß Guajaktinktur von dem Kristallstielextrakt nach Zusatz von Extrakten anderer Gewebe von Saxidomus nicht oder nur wenig oxydiert wurde, deutet darauf hin, daß vielleicht von der Substanz vorzugsweise die Gewebe des Tieres oxydiert werden, wodurch dann sich die Verhinderung der Oxydation der Guajaktinktur erklären würde.

The contractile vacuole in Euplotes. An example of the sol-gel Reversibility of Cytoplasm. (*C. V. Taylor*, The Journal of experim. Zool. 37, April 1923.) *T.* untersucht hier die Frage, ob die kontraktilen Vakuolen des Infusors Euplotes eine bestimmte, morphologisch umschriebene Wand oder Membran besitzen und wie das Ausstoßen des Vakuoleninhalts vor sich geht, ob durch einen präformierten Porus oder wie sonst. Bei Euplotes finden sich drei Arten von Vakuolen, kleinere, die in der Nähe von Nahrungsvakuolen liegen, größere, die näher der Peripherie des Tieres liegen und eine große, die nach völliger Füllung ihren Inhalt in das Außenmedium entleert. Nach der Systole der letzteren treten die Vakuolen der mittleren Kategorie, indem sie miteinander verschmelzen, an ihre Stelle, und die kleinen rücken in gleicher Weise zu den mittleren auf, während andere wiederum an die Stellen der kleinen treten. Diese letzteren entstehen vermutlich aus noch kleineren, nicht sichtbaren Vakuolen, die entweder aus solchen mit sich auflösenden Granulen oder als völlige Neubildungen entstehen. Es wurde eine Umgrenzung der Vakuolen beobachtet, die nach innen scharf ist, nach außen aber allmählich in das Endoplasma übergeht. Durch Injektion von Flüssigkeiten (NH_4Cl, Methylenblau, NaCl und KCl 1 : 10 000—1 : 50 000) gelang es mit einer besonders konstruierten Mikropipette künstliche Vakuolen zu erzeugen, deren Wand ebenso wie die der natürlichen eine festere Konsistenz (geprüft durch Zerren mit einer Nadel) als das umgebende Plasma aufwies. Dieser Gelzustand der Wand wird vermutlich durch die in der Vakuolenflüssigkeit gelösten Stoffe im umgebenden Plasma hervorgerufen. So bilden sich wohl auch die kleinsten Vakuolen aus „fluid centers“, deren Entstehen vielleicht durch Wechsel der H-Ionenkonzentration in Zusammenhang mit der Oxydation der Nahrung bedingt ist. Beim Verschmelzen zweier Vakuolen wird dieses Gelstadium der Wand wieder in das Solstadium übergeführt. Diese Umkehr spielt auch bei der Entleerung der großen Vakuole eine Rolle. Sie entleert ihren Inhalt nur dann nach außen, wenn sie eine bestimmte, unter Umständen mikroskopisch sichtbare Stelle des Ektoplasmas, die „Papilla pulsatoria“ berührt. Wurde diese Berührung durch Druck mit einer Nadel oder durch Oberflächenspannungsdruck des Wassers verhindert, so unterblieb die Entleerung. Bei der Berührung wird nun ebenso wie beim Berühren zweier Vakuolen die Vakuolenwand und die „Papilla pulsatoria“ wieder zum Sol verwandelt und so entsteht die (periodische) Öffnung im Ektoplasma. Nach der Entleerung des Vakuoleninhalts wird diese Öffnung wieder durch einen gelatiniert gebliebenen Rest des Plasmas der Vakuolenwand verschlossen.

Oxydasen bei der Bildung von Schneckenbändern. (*M. A. van Herwerden*, Biol. Zentralbl. 43, 1923.) Zur Entstehung eines Pigmentes ist ein Chromogen und eine Oxydase notwendig. In den folgenden Versuchen diente als Chromogen das Röhmann-Spitzersche Reagens, ein Gemisch von α-Naphthol und Dimethylparaphenylendiamin, das mit Oxydasen bis Indophenol aufgebaut wird. Wenn dieses Gemisch an oxydasehaltige Stellen gelangt, so lassen sich diese mikroskopisch durch das Auftreten dunkelblauer Körner erkennen. *Van Herwerden* brachte junge Exemplare der ungebänderten Süßwasserschnecke *Limnea ovata* in das Röhmann-Spitzersche Reagens, worauf sich an den Wachstumsstreifen in der äußersten Schicht des Mantels dunkelblaue Bänder zeigten. Diese Färbung konnte mit Jodjodkalium fixiert werden, wobei sie einen dunkelbraunen Farbton annahm. Die Versuche zeigen also, daß sich in den Wachstumsstreifen Ansammlungen von Oxydasen befinden, die bei Vorhandensein eines (hier künstlich herangebrachten) Chromogens Bänderung hervorrufen können. Diese Beobachtungen machen es wahrscheinlich, daß auch bei den natürlich vorkommenden Bänderschnecken (*Helix*) in den gefärbten Regionen Ansammlungen von Oxydasen vorhanden sind, die die normale Schneckenbänderung hervorrufen.

Beiträge zum Unsterblichkeitsproblem der Metazoen. IV. Versuche mit Scyphozoen und Planarien. (*W. Goetsch*, Biol. Zentralbl. 43, 5, 1923.) Goetsch hatte in früheren Arbeiten gezeigt, daß Süßwasserpolypen ohne die geringste Beeinträchtigung ihrer Lebens- und Fortpflanzungsfähigkeit 27 Monate gezüchtet werden konnten, bis zum Abbruch der Versuche. Er zog daraus denn Schluß, daß durch die Fortpflanzung weder Erschöpfung noch Tod dieser Tiere bedingt sei und daß sie vermöge ihrer dauernd teilungsfähigen Zellen als unsterblich gelten können. Ebenso wie für die Hydren konnte nun auch diese Langlebigkeit für die Scyphopolypen nachgewiesen werden. Es wurden 20 Exemplare einer nicht näher bestimmbaren Scyphostoma-Art vom Sommer 1921 an genau beobachtet. Infolge spärlicher Fütterung unterblieb 1½ Jahr lang jede Art von Fortpflanzung, im zweiten Frühjahr schnürten sie einige Ephyren ab, worauf sie wieder zu normalen Scyphostomen ohne Beeinträchtigung regenerierten. Durch diese Strobilation wurde bewiesen, daß die Tiere durch die vorherige Verhinderung der Fortpflanzung nicht gelitten hatten. Auch bei Planarien konnte durch in bestimmter Weise geregelte Nahrungszufuhr Fortpflanzung und Tod hinausgeschoben werden. Im Frühjahr 1922 ausgeschlüpfte Exemplare wurden, als die Kontrolltiere mit dem Eierlegen begannen, durch Hunger an der Eiablage gehindert. Sie reduzierten nun während der Hungerperiode in der bekannten Weise ihren Körper. Die Fortpflanzungsorgane verschwinden und der Körper verkleinert sich um ein Vielfaches. Während die Kontrolltiere nach der Eiablage größtenteils eingingen, lebten die Versuchstiere weiter und wurden im darauffolgenden Frühjahr, als die neue Eierlegperiode begann, einer erneuten Hungerkur ausgesetzt. Hierauf wurden sie wieder so klein, wie ein paar Wochen alte Tiere. Diese Versuche werden jetzt noch weiter fortgesetzt, und *Goetsch* hofft, mit ihnen zeigen zu können, daß auch die Planarien ähnlich wie die Hydren infolge ihres Besitzes indifferenter Elemente und ihrer starken Regenerationsfähigkeit eine „potentielle experimentelle Unsterblichkeit“ besitzen. Vielleicht aber sind bei ihnen doch einzelne Teile schon zu weit differenziert, um stets *völlig* neu ersetzt werden zu können, womit für sie ein physiologischer Tod verknüpft wäre. — Nach Meinung des Ref. sollte man jedoch bei allen diesen Versuchen, auch bei denen mit Hydren, vorerst besser von einer experimentell erzeugten Langlebigkeit, statt von einer Unsterblichkeit sprechen. Denn die Länge der Versuchsdauer (bei Hydren 27 Monate) bürgt trotz der beobachteten unverminderten Fortpflanzung und Lebenskraft noch nichtdafür, daß nicht doch noch ein physiologischer Tod eintreten kann. *K. Baldus.*

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter: Dr.-Ing. e. h. *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW.